

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра теплотехніки та енергозбереження

«На правах рукопису»  
УДК 620.9

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Валерій ДЕШКО  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

**Магістерська дисертація  
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент та інжиніринг  
теплоенергетичних систем»

на тему: «Оцінка енергетичних характеристик будівлі та сертифікація  
енергоєфективності»

Виконав: студент ІІ курсу, групи ОТ – 91мп  
(шифр групи)

\_\_\_\_\_ Микита Євгеній Олександрович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ доцент, к.т.н., доцент Шовкалюк М.М. \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Консультанти:

Електротехнічна частина к.т.н., доцент Замулко А.І. \_\_\_\_\_

Стартап-проект к.т.н., доцент Шевчук Н.А. \_\_\_\_\_

Моделювання енергетичних процесів і систем к.т.н., доцент Суходуб І.О. \_\_\_\_\_

Нормоконтроль к.т.н., доцент Шкляр В.І. \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2020 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут  
імені Ігоря Сікорського»**

**Інститут (факультет)** Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
(повна назва)

**Кафедра** Теплотехніки та енергозбереження  
(повна назва)

**Рівень вищої освіти – другий (магістерський)**

**Спеціальність** 144 «Теплоенергетика»  
(код і назва)

**Освітньо-професійна програма** «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Валерій ДЕШКО  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗАВДАННЯ**

на магістерську дисертацію студенту

Микиті Євгенію Олександровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема дисертації** «Оцінка енергетичних характеристик будівлі та сертифікація енергоефективності»,

**науковий керівник дисертації** Шовкалюк Марина Михайлівна, к.т.н, доцент,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

**затверджені наказом по університету від** \_\_\_\_\_

**2. Термін подання студентом дисертації** 7 грудня 2019 р.

**3. Об'єкт дослідження** - житловий 24-поверховий будинок по вул. Миколи Лаврухіна у м. Києві

**4. Вихідні дані до магістерської дисертації:** геометричні та теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій будівлі, дані про споживання енергоресурсів (теплова енергія на опалення 767,93 Гкал/рік, електроенергія 648466 кВт·год/рік), режими експлуатації, нормативні умови мікроклімату

**5. Перелік завдань, які потрібно розробити:** 1) дослідження енергетичних систем будівлі та визначення можливих шляхів підвищення ефективності їх використання; 2) огляд підходів до оцінки енергетичних характеристик будівлі; 3) визначення показників енергоефективності та розробка енергетичного

сертифікату будівлі; 4) визначення шляхів для розвитку енергоменеджменту; 5) розробка стартап-проєкту

**6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу:** 2 аркуші формату A1: 1) система електропостачання; 2) сертифікат енергоефективності та результати моделювання; презентація 14 слайдів

**7. Орієнтовний перелік публікацій:** XV Всеукраїнська наук.-практ. конференція «Міжнародне науково-технічне співробітництво: принципи, механізми, ефективність» (14-15 березня 2019 р.); Міжнародна наук.-практ. конференція молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (23-26 квітня 2019 р.); II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (21–22 листопада 2019 р.)

## 8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Електротехнічна частина	доцент Замулко А.І.		
Стартап-проєкт	доцент Шевчук Н.А.		
Моделювання енергетичних процесів і систем	доцент Суходуб І.О.		
Нормоконтроль	доцент Шкляр В.І.		

## 9. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Загальні відомості про об'єкт дослідження	26.10. 2020 - 11.11. 2020	
2	Інжиніринг енергетичних систем	26.10. 2020 - 07.12. 2020	
3	Оцінка енергетичних характеристик будівлі та сертифікація енергоефективності	26.10. 2020 - 07.12. 2020	
4	Енергоменеджмент та моніторинг	26.10. 2020 - 09.11. 2020	
5	Стартап-проєкт	02.11. 2020 - 07.12. 2020	
6	Нормативне оформлення магістерської дисертації	30.11.2020-07.12. 2020	
7	Попередній захист	07.12.2020-12.12.2020	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Є.О. Микита  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_  
(підпис)

М.М. Шовкалюк  
(ініціали, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація «Оцінка енергетичних характеристик будівлі та сертифікація енергоефективності» складається з 142 сторінки, 62 рисунків, 98 таблиць, а також містить 31 джерело в переліку посилань.

**Актуальність теми** пов'язана з розвитком системи сертифікації енергоефективності будівель, підходів до оцінки показників енергоефективності будівель.

**Мета магістерської дисертації** – методичне дослідження системи сертифікації енергетичної ефективності будівель в Україні на прикладі житлового будинку, визначення енергетичних характеристик будівлі, моделювання енергопотреби та енергоспоживання, порівняння отриманих результатів.

**Завдання дослідження** – оцінка енергетичних характеристик об'єкту дослідження, визначення показників енергоефективності будівлі, формування енергетичного сертифікату, моделювання енергопотреби та енергоспоживання у спеціалізованому ПЗ, економічна оцінка можливостей підвищення рівня енергоефективності.

**Об'єкт дослідження** – багатоквартирний 24-поверховий житловий будинок у м. Київ.

**Предмет дослідження** – Енергетичні характеристики будівлі, енергоспоживання, енергопотреби будівлі.

**Практичне значення** дослідження полягає у поглибленні існуючих, розвитку і обґрунтуванню нових підходів оцінки енергетичних характеристик та показників енергоефективності будівель, методичних аспектів сертифікації енергоефективності будівель.

Отримані результати, розглянуті методики та підходи можуть використовуватись при викладанні дисциплін «Методи енергомоніторингу та енергоаудиту будівель» та «Методи аналізу енергоефективності будівель» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика».



Результати за тематикою магістерської дисертації було викладено на декількох науково-технічних конференціях:

- 1) XV Всеукраїнська наук.-практ. конференція «Міжнародне науково-технічне співробітництво: принципи, механізми, ефективність» (14-15 березня 2019 р.);
- 2) Міжнародна наук.-практ. конференція молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (23-26 квітня 2019 р.);
- 3) II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ (21–22 листопада 2019 р.).

• **Ключові слова та словосполучення:** Енергоефективність, енергоспоживання, енергетичний сертифікат, багатоквартирний будинок, система опалення, оцінка енергетичних характеристик.

## ABSTRACT

The master's dissertation "Assessment of energy performance of a building and certification of energy efficiency" consists of 142 pages, 62 figures, 98 tables, and also contains 31 sources in the list of references.

**The relevance of the topic** is related to the development of a system of certification of energy efficiency of buildings, approaches to assessing the energy efficiency of buildings.

**The purpose of the master's dissertation** is a methodical research of the system of certification of energy efficiency of buildings in Ukraine on the example of a residential building, determination of energy characteristics of the building, modeling of energy consumption and energy consumption, comparison of the obtained results.

**The objectives of the study** are to assess the energy performance of the object of study, to determine the energy efficiency of the building, the formation of the energy certificate, modeling energy consumption and energy consumption in specialized software, economic assessment of energy efficiency.

**The object of research** is a 24-storey apartment building in Kyiv.

Subject of research - Energy characteristics of the building, energy consumption, energy needs of the building.

**The practical significance** of the study is to deepen existing, develop and justify new approaches to assessing the energy performance and energy efficiency of buildings, methodological aspects of energy efficiency certification of buildings.- The obtained results, considered methods and approaches can be used in teaching the disciplines "Methods of energy monitoring and energy audit of buildings" and "Methods of analysis of energy efficiency of buildings" for students majoring in 144 "Power engineering".

**The results** on the topic of the master's dissertation were presented at several scientific and technical conferences:

- 1) XV All-Ukrainian scientific-practical. conference "International scientific and technical cooperation: principles, mechanisms, efficiency" (March 14-15, 2019);
- 2) International scientific-practical. conference of young scientists and students "Modern problems of scientific support of energy" (April 23-26, 2019);
- 3) II scientific and technical conference of IEE undergraduates (November 21-22, 2019).

**Keywords and phrases:** energy performance of buildings, energy consumption, energy performance certificate, multy-store house, heating system, energy rating.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ.....	11
ВСТУП.....	12
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ’ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
1.1 Опис об’єкту дослідження.....	13
1.2 Фактичне енергоспоживання.....	16
1.2.1 Споживання теплової енергії.....	16
1.2.2 Споживання електричної енергії.....	19
Висновки до розділу.....	20
2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ.....	21
2.1 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі.....	21
2.1.1 Аналіз сучасного стану.....	21
2.1.2 Аналіз поточного технічного стану.....	22
2.1.3 Шляхи підвищення ефективності.....	32
2.2 Дослідження джерел теплопостачання.....	36
2.3 Дослідження системи опалення.....	37
2.3.1 Аналіз сучасного стану.....	37
2.3.2 Аналіз поточного технічного стану системи опалення.....	38
2.3.3 Шляхи підвищення ефективності.....	42
2.4 Дослідження системи постачання гарячої води.....	45
2.4.1 Аналіз поточного технічного стану.....	45
2.4.2 Шляхи підвищення ефективності.....	46
2.5 Дослідження системи вентиляції.....	47
2.5.1 Аналіз поточного технічного стану.....	47
2.5.2 Шляхи підвищення ефективності.....	47
2.6 Дослідження системи електропостачання.....	48
2.6.1. Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії.....	48
2.6.2. Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання.....	49

2.6.3. Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією.....	52
Висновки до розділу.....	55
<b>3 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЛІ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....</b>	<b>56</b>
3.1 Аналіз нормативної бази з оцінки енергоефективності будівель.....	56
3.1.1 Опис показників енергоефективності та форми енергетичного сертифікату.....	57
3.1.2 Огляд національних підходів до визначення енергоефективності будівель та енергетичної сертифікації у країнах ЄС.....	60
3.2 Визначення показників розрахункового енергоспоживання за Методикою визначення енергетичної ефективності будівель.....	62
3.3 Визначення класу енергоефективності будівлі та формування енергетичного сертифікату.....	98
3.4 Моделювання енергетичних характеристик будівлі в програмному продукті Audytor OZC 7.0.....	102
3.5 Економічна оцінка можливостей підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі.....	108
3.5.1 Визначення економії від впровадження рекомендацій з енергоефективності.....	111
3.5.2 Аналіз інвестиційної привабливості впровадження рекомендацій...	111
Висновки до розділу .....	114
<b>4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ.....</b>	<b>115</b>
4.1 Сучасний стан системи енергоменеджменту.....	115
4.2 Аналіз поточного стану енергоменеджменту та моніторингу.....	117
4.3 Пропозиції щодо модернізації системи.....	118
4.4 Огляд джерел фінансування впровадження проектів з підвищення енергоефективності в багатоквартирних будівлях.....	120
Висновки до розділу.....	123
<b>5 СТАРТАП-ПРОЕКТ.....</b>	<b>124</b>

5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту.....	124
5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї.....	125
5.3 Аналіз конкурентного середовища.....	125
5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення.....	127
5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери.....	128
5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту.....	128
5.7 Обґрунтування рівня рентабельності.....	133
5.8 Обґрунтування вартості виробництва.....	133
5.9 Цільові групи потенційних споживачів.....	134
5.10 Канали збуту.....	135
5.11 Бізнес-модель проекту.....	136
Висновки до розділу.....	136
ВИСНОВКИ.....	137
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	139
ДОДАТКИ.....	143

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ, СКОРОЧЕНЬ

- EP – Показник енергоефективності [кВт·год/м<sup>2</sup>];  
Er – Первинна енергія [кВт·год];  
E – Енергія, кількість енергії [кВт·год];  
CI – початкові інвестиції [грн.];  
PB – Термін окупності [рік];  
NPV – Чиста приведена вартість [грн.];  
E<sub>del</sub> – Поставлена енергія;  
M<sub>CO<sub>2</sub></sub> – кількість викидів CO<sub>2</sub> [кг];  
CO<sub>2</sub> – Вуглекислий газ;  
d<sub>вн</sub> – внутрішній діаметр [мм].

## СКОРОЧЕННЯ

- ДСТУ – Державний стандарт України;  
ГВП – гаряче водопостачання;  
ЕЕ – електрична енергія;  
РТМ – район теплових мереж;  
ЦПР – цементно-піщаний розчин;  
ДБН – Державні будівельні норми;  
МЗК – місця загального користування;  
ПДВ – податок на додану вартість;  
НПД – нормативно-правовий акт;  
ІТП – індивідуальний тепловий пункт;  
ЖКГ – Житлово-комунальне господарство.

## ВСТУП

Близько 40% загального споживання енергоресурсів в Україні відбувається в будівлях. Це обумовлено тим, що значна частина існуючих в Україні будівель побудовано більше 30 років тому, за досить низьких вимог до енергоефективності. Такі будівлі мають дуже низькі теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій, та застарілі низькоефективні системи опалення, гарячого водопостачання, електропостачання, тощо.

Для існуючих будівель наявний суттєвий потенціал до зниження енергоспоживання, впровадження проектів з підвищення енергоефективності будівель дозволить суттєво знизити енергетичну залежність країни.

Важливим завданням є оцінка енергетичних характеристик будівель, формування системи порівняння будівель за рівнями ефективного використання енергії, підвищення вимог до характеристик огорожувальних конструкцій, та інженерних систем в будівлях, розробка засобів стимулювання та заохочення власників будівель до підвищення рівня енергоефективності.

Наявна нормативно-правова база для оцінки енергоефективності будівель стрімко розвивається, відбувається гармонізація державних стандартів та методик з наявними передовими підходами у світі.



## 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1 Опис об'єкту дослідження

Об'єкт дослідження – односекційний 24-поверховий багатоквартирний житловий будинок, зведений за монолітно-каркасною системою. Будівля знаходиться у місті Київ, на вул. Миколи Лаврухіна.

В будівлі (рис. 1.1, рис.1.2) наявні приміщення різного функціонального призначення: перший поверх будинку – нежитлові комерційні приміщення, 2-23 поверхи – квартири, 24 поверх – суттєвий опалюваний техповерх.

Будинок зданий в експлуатацію в 2012 році.



Рисунок 1.1 – Фактичний вигляд будівлі

Будівля орієнтована за основними сторонами горизонту (відхилення  $< 5^\circ$ ). Головний вхід до будівлі знаходиться на північному фасаді.

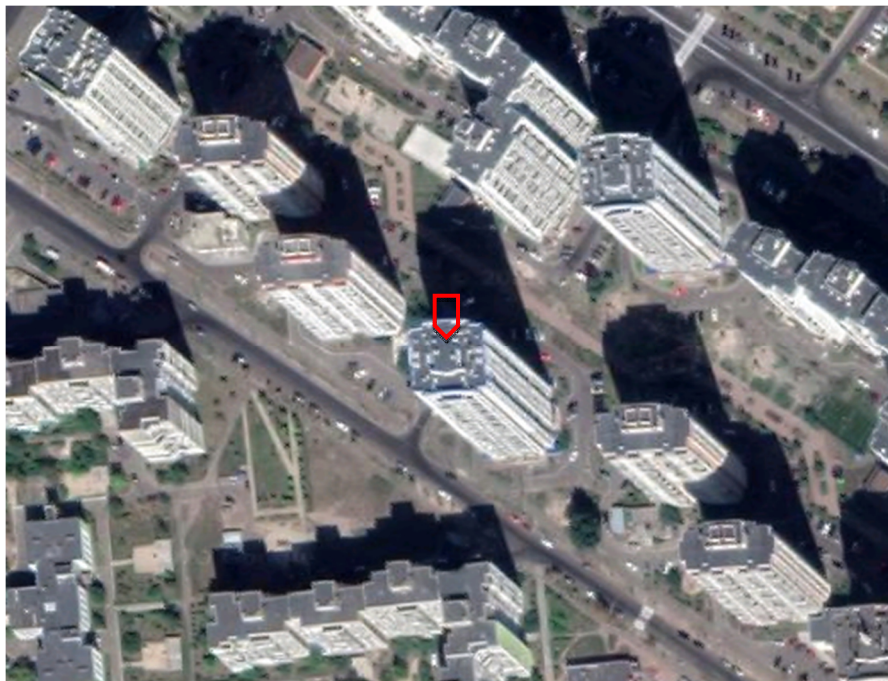


Рисунок 1.2 – Розташування будівлі

Таблиця 1.1 – Об’ємно-планувальні характеристики будівлі

Параметр	Значення	Од.вим.
Висота поверху	3,3	метри
Кількість квартир	176	квартир
Кількість нежитлових приміщень	6	приміщень
Загальна площа	15268	м <sup>2</sup>
Загальний об’єм	50144,5	м <sup>3</sup>
Кондиційована зона	15193,6	м <sup>2</sup>
Кондиційований об’єм	49940,6	м <sup>3</sup>
Кількість мешканців	264	особи

У 2017 році мешканцями будинку було створено об’єднання співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ). У відносинах з підприємствами, що надають житлово-комунальні послуги, ОСББ обрало модель договору «колективний споживач», що передбачає відповідальність за технічне обслуговування та утримання внутрішньобудинкових інженерних систем за рахунок об’єднання співвласників.



Рисунок 1.3 Фасади будівлі: а) – східний; б) – південний.



Рисунок 1.4 – Північний фасад будівлі

## 1.2 Фактичне енергоспоживання

### 1.2.1 Споживання теплової енергії

Теплова енергія на опалення будинку споживається від централізованого теплопостачання. Наявний вузол комерційного обліку споживання теплової енергії на опалення. Також наявні поквартирні лічильники теплової енергії для внутрішньобудинкового розподілу споживання між мешканцями.

Дані про споживання теплової енергії на опалення наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Фактичне енергоспоживання системи опалення

Параметр	Споживання енергії	К-сть діб	tcp	Споживання енергії	К-сть діб	tcp	Споживання енергії	К-сть діб	tcp
Од.вим.	Гкал	діб	°C	Гкал	діб	°C	Гкал	діб	°C
Сезон Місяць	2016-2017			2018-2019			2019-2020		
Жовтень	4,64	20	3,8	29,5	17	9,5	13,13	3	2,1
Листопад	160,00	30	1,23	108,63	30	0,1	49,84	30	4,8
Грудень	195,85	31	-1,54	177,35	31	-1,9	129,29	31	2,5
Січень	156,86	31	-4,89	172,40	31	-4,8	138,11	31	0,4
Лютий	98,00	28	-2,73	155,98	29	0,7	125,12	29	2,2
Березень	95,81	31	6,22	101,43	31	4,6	63,95	31	5,9
Квітень	0	0	-	22,64	6	6,5	10,53	5	5,3
<b>Сумарне</b>	<b>711,16</b>	<b>171</b>	<b>0,17</b>	<b>767,93</b>	<b>175</b>	<b>0,1</b>	<b>529,67</b>	<b>160</b>	<b>3,2</b>



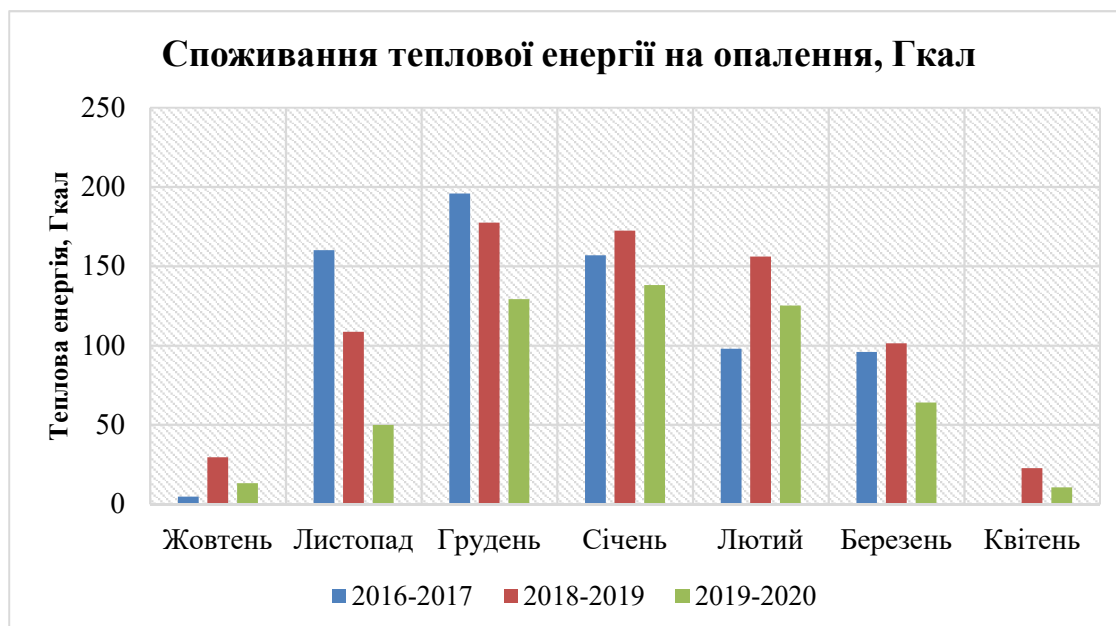


Рисунок 1.5 – Фактичне споживання теплової енергії на опалення

Споживання теплової енергії на опалення відбувається типово для житлових будівель, відповідно до опалювального сезону. Споживання теплової енергії на опалення у опалювальному сезоні 2019-2020 років нижче за попередні, так як даний сезон тривав 160 діб при середній температурі зовнішнього повітря  $+3,2^{\circ}\text{C}$ . Для порівняння, опалювальний сезон 2018-2019 років мав довшу тривалість (175 діб), при нижчій середній температурі  $+0,1^{\circ}\text{C}$ .

У другій половині 2019 року відбулося суттєве зниження ціни природного газу для теплопостачальних організацій. Внаслідок чого, Кабінетом міністрів України було прийнято Постанову №1082 «Про деякі питання нарахування (визначення) плати за теплову енергію та послуги з централізованого опалення, централізованого постачання гарячої води для споживачів у зв'язку із зміною ціни природного газу» від 24 грудня 2019 року [1], в якій було запроваджено більш гнучкий механізм помісячного коригування тарифів для теплопостачальних організацій, відповідно до коливання ціни на природний газ.

Дані про тарифи [2] та грошові витрати на опалення зведено до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Тарифи і витрати на оплату спожитої енергії на опалення

Параметр	Тариф	Витрати	Тариф	Витрати	Тариф	Витрати
Од.вим.	Грн/ Гкал	грн	Грн/ Гкал	грн	Грн/ Гкал	грн
Сезон Місяць	2016-2017		2018-2019		2019-2020	
Жовтень	1416,96	6 575	1354,78	39 966	1654,41	21 722
Листопад	1416,96	226 714	1354,78	147 170	1654,41	82 456
Грудень	1416,96	277 512	1354,78	240 270	1290,44 <sup>1</sup>	166 841
Січень	1416,96	222 264	1654,41	285 220	1356,62 <sup>1</sup>	187 363
Лютий	1416,96	138 862	1654,41	258 055	1224,26 <sup>1</sup>	153 179
Березень	1416,96	135 759	1654,41	167 807	1125,0 <sup>1</sup>	71 606
Квітень	1416,96	0	1654,41	37 456	1025,73 <sup>1</sup>	10 801
<b>Сумарне</b>		<b>1 007 685</b>		<b>1 175 944</b>		<b>693 969</b>

1 – з урахуванням знижки відповідно до вимог Постанови КМУ від 24.12.2019 № 1082[1]



Рисунок 1.6 – Динаміка зміни тарифів на теплову енергію

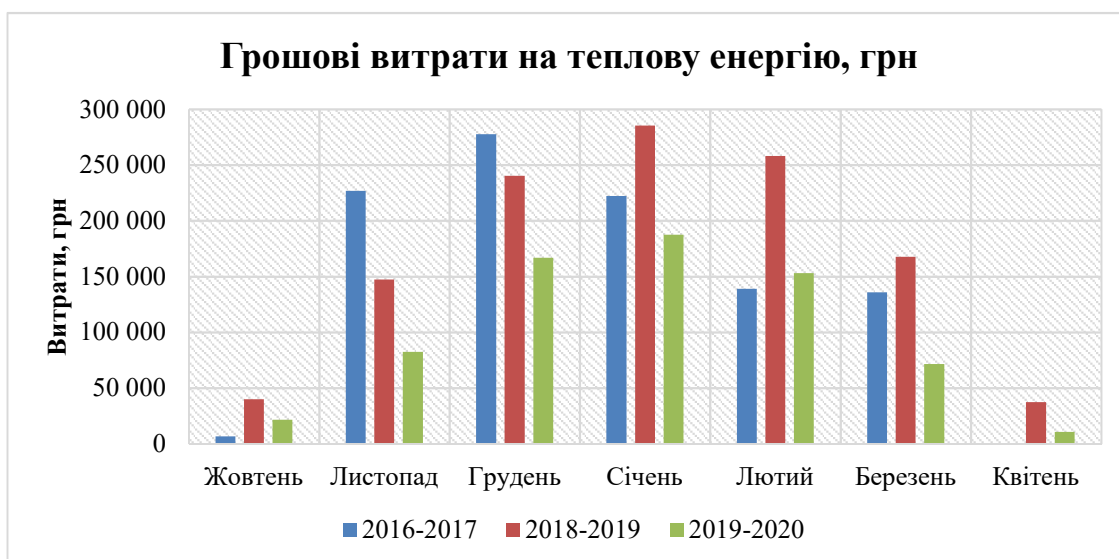


Рисунок 1.7 – Грошові витрати на теплову енергію

### 1.2.2 Споживання електричної енергії

Дані про загальне споживання електричної енергії наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.4 – Загальне споживання електричної енергії

	2019 рік
Січень, кВт·год	58736
Лютий, кВт·год	61967
Березень, кВт·год	52423
Квітень, кВт·год	51798
Травень, кВт·год	49714
Червень, кВт·год	50873
Липень, кВт·год	53174
Серпень, кВт·год	52028
Вересень, кВт·год	54829
Жовтень, кВт·год	50259
Листопад, кВт·год	52759
Грудень, кВт·год	59906
<b>Сумарне, кВт·год</b>	<b>648466</b>



Рисунок 1.8 – Фактичне споживання електричної енергії

Споживання електричної енергії у будинку протягом року майже рівномірне. Наявне невелике підвищення споживання у зимові місяці, що зазвичай, спричинене збільшенням використання штучного освітлення в приміщеннях, внаслідок скорочення світлового дня. Більш детальний аналіз споживачів електричної енергії у будівлі наводиться у II розділі.

### Висновки до розділу

У даному розділі було описано загальну інформацію про об'єкт дослідження – розташування, функціональне призначення, об'ємно-планувальні характеристики, організаційна форма управління. Також було проаналізовано споживання теплової енергії та зміну тарифів за три роки, та споживання електричної енергії за один рік.



## 2 ІНЖИНІРИНГ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ БАГАТОПОВЕРХОВОГО БУДИНКУ

### 2.1 Дослідження огорожувальних конструкцій будівлі

#### 2.1.1. Аналіз сучасного стану

Відповідно до Державних будівельних норм ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [3], встановлено мінімальні вимоги до теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій будівель. Основною теплотехнічною характеристикою є приведений опір теплопередачі огорожувальної конструкції. Нормативні значення приведенного опору теплопередачі для житлових та громадських будівель, за видами конструкції та температурними зонами, наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції

№	Вид огорожувальної конструкції	За температурною зоною, $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

Відповідно, при проектуванні нових будівель чи реконструкції існуючих, необхідною умовою є забезпечення відповідності опору теплопередачі огорожувальних конструкцій мінімальним вимогам.

### 2.1.2 Аналіз поточного технічного стану огорожувальних конструкцій

#### Зовнішні стіни.

Конструкція фасадів будівлі монолітно-каркасна, наявні декілька типів зовнішніх стін:

- 1) залізобетонний каркас із несучих опорних залізобетонних пілонів, товщиною 300 мм з утепленням пінополістиролом 100мм і упорядженням декоративною штукатуркою;
- 2) заповнення між пілонами з повнотілої керамічної цегли (250 мм), з утепленням пінополістиролом 100мм і упорядженням штукатуркою.

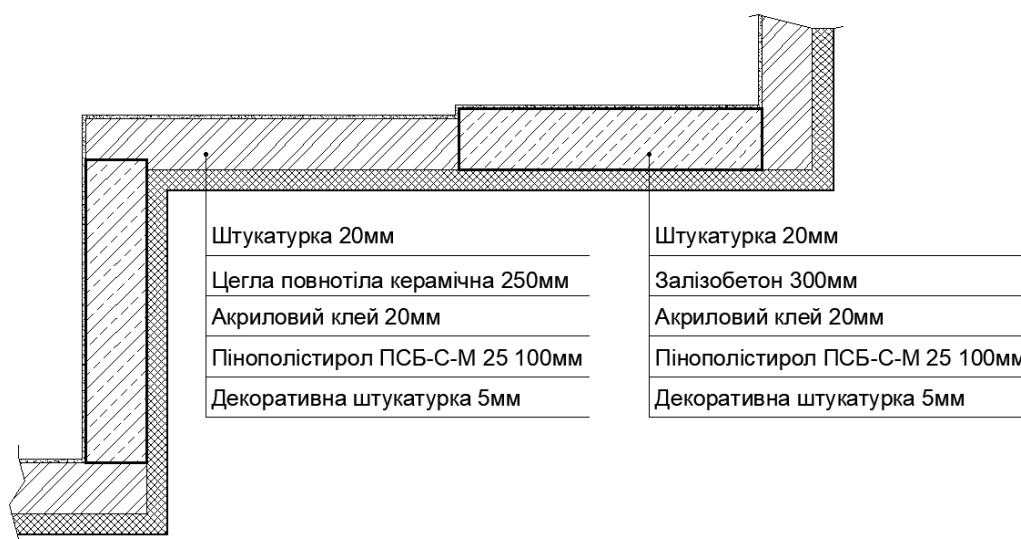


Рисунок 2.1 – Фрагмент плану зовнішніх стін

Склад конструкцій зовнішніх стін за типами зведено до таблиць 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Склад зовнішніх стін першого типу

Матеріал	Товщина шару, $\delta_i$	$\lambda_i$
	м	м·К/Вт
Цементно-піщаний розчин	0,02	0,93
Цегла повнотіла керамічна	0,25	0,76
Акриловий клей	0,02	0,21
Пінополістирол ПСБ-С-М 25	0,1	0,053
Декоративний розчин (пісок, вапно, цемент)	0,005	0,87

Таблиця 2.3 – Склад зовнішніх стін другого типу

Матеріал	Товщина шару, $\delta_i$	$\lambda_i$
	м	м·К/Вт
Цементно-піщаний розчин	0,02	0,93
Залізобетон	0,3	2,04
Акриловий клей	0,02	0,21
Пінополістирол ПСБ-С-М 25	0,1	0,053
Декоративний розчин (пісок, вапно, цемент)	0,005	0,87

Розрахунок опору теплопередачі однорідної непрозорої огорожувальної конструкції виконується за формулою:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.1)$$

де:

$\alpha_B$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, (Вт/м<sup>2</sup>·К);

$\delta_i$  – товщина і-го шару огорожувальної конструкції, (м);

$\lambda_{ip}$  – коефіцієнт теплопередачі і-ого шару огороження, (Вт/м·К);

$n$  – кількість шарів.

$\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, (Вт/м<sup>2</sup>·К).

Опір теплопередачі зовнішніх стін першого типу за формулою (2.1):

$$R_{зс1} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,25}{0,76} + \frac{0,02}{0,1} + \frac{0,1}{0,053} + \frac{0,005}{0,87} + \frac{1}{23} = 2,497 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Чисті площі зовнішніх стін за типом матеріалу та орієнтацією, зведено до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Площі зовнішніх стін за орієнтацією

Тип зовнішніх стін (основний матеріал)	Площі зовнішніх стін за орієнтацією, м <sup>2</sup>							
	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
Керамічна цегла	1418	139,6	1137	139,6	1458	139,6	1137	139,6
Залізобетон	671,4	0	236,7	0	671,4	0	236,7	0,0

Загальні характеристики та розраховані опори теплопередачі зовнішніх стін зведено до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Загальні характеристики зовнішніх стін будівлі

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний			
Основний матеріал		Керамічна цегла	Залізобетон	
Площа зовнішніх стін	A <sub>зсі</sub>	5709,01	1816,20	м <sup>2</sup>
Опір теплопередачі зовнішніх стін (по основному полю)	R <sub>зсі</sub>	2,497	2,315	м <sup>2</sup> ·К/Вт
Нормативний опір теплопередачі	R <sub>qmin</sub>	3,300		м <sup>2</sup> ·К/Вт

Опори зовнішніх стін було розраховано за основним полем, без врахування теплопровідних включень. У наявній робочій документації на будівлю недостатньо інформації про конструкції та кількість теплопровідних включень. Вплив теплопровідних включень буде враховано у розділі III за укрупненими показниками відповідно до П. 8.2.2.5.4 ДСТУ Б А.2.2-12:2015 [4] при розрахунку енергопотребі будівлі.

## Вікна.

За проектом у будинку передбачено металопластикові вікна та балконні двері з двокамерними склопакетами 4-12-4-8-4і.

У конструкції даху наявні зенітні ліхтарі з однокамерними склопакетами 4-20-4і у ПВХ-профілях.



Рисунок 2.2 – Вікно на техповерху



Рисунок 2.3 – Зенітний ліхтар в конструкції покрівлі

Детальні характеристики вікон будівлі за типом вікна та площами зведено до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Загальні характеристики вікон будівлі

Познач.	Склопакет	Профіль	Площа, м <sup>2</sup>	К-сть, шт	Заг.площа, м <sup>2</sup>	R <sub>w</sub> , м <sup>2</sup> ·К/Вт
В-1	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	3,82	44	168,21	0,673
В-2	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	1,56	124	193,69	0,673
В-3	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	2,85	48	136,8	0,673
В-4	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	5,14	184	945,94	0,673
В-5	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	2,53	48	121,3	0,673
В-6	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	3,33	88	293,3	0,673
В-7	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	1,01	23	23,21	0,673
В-8	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	1,88	44	82,9	0,673
В-9	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	1,53	8	12,25	0,673
В-10	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	3,12	8	24,92	0,673
В-11	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	4,17	4	16,68	0,673
В-12	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	2,06	2	4,12	0,673
ВП-1	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	9,18	1	9,18	0,673
ВП-2	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	9,18	1	9,18	0,673
БД-1	4-12-4-8-4i	ПВХ 5к	1,9	178	338,2	0,673
ВВ-1	4-20-4i	ПВХ 5к	4,25	4	17	0,566

Площі вікон за орієнтацією фасадів зведено до таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Площі зовнішніх вікон за орієнтацією

Площі вікон за орієнтацією, м <sup>2</sup>								
Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх	Гор
313,53	236,48	309,83	236,48	472,70	236,48	309,83	236,48	9,0

Таблиця 2.8 – Приведені характеристики зовнішніх вікон

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний		
Загальна площа вікон	$A_{\text{вік}}$	2379,16	м <sup>2</sup>
Приведений опір теплопередачі вікон	$R_{\text{пр}}$	0,672	м <sup>2</sup> ·К/Вт
Нормативний опір теплопередачі	$R_{\text{qmin}}$	0,750	м <sup>2</sup> ·К/Вт

Приведений опір теплопередачі конструкції не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2016.

### Зовнішні двері.

Зовнішні двері входу до будівлі світлопрозорі, з ПВХ-профілю та двокамерним енергоефективним склопакетом 4-12-4-8-4і. Також наявні внутрішні тамбурні двері.

Опір теплопередачі дверей не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 [3].



Рисунок 2.4 – Зовнішні двері під'їзду



Рисунок 2.5 – Зовнішні світлопрозорі двері комерційних приміщень

На переходах до незадимлюваних сходових клітин місць загального користування наявні дерев'яні двері з світлопрозорими вставками в одне скло.



Рисунок 2.6 – Двері переходів на сходові клітини

Детальні характеристики зовнішніх дверей будівлі за типом та площами зведено до таблиці 2.9.



Таблиця 2.9 – Характеристики зовнішніх дверей будівлі

Позн.	Склопакет	Непроз. Заповнення	Профіль	Площа	К-сть	Заг. площа	R <sub>D</sub>
ВД-1	4-12-4-8-4і	Сендвіч 24мм	ПВХ 5к	3,31	1	3,31	0,692
ВД-2	4-12-4-8-4і	Сендвіч 24мм	ПВХ 5к	3,31	1	3,31	0,692
ДН-1	4-12-4-8-4і	Сендвіч 24мм	ПВХ 5к	3,31	6	19,86	0,686
ДН-2	4-12-4-8-4і	Сендвіч 24мм	ПВХ 5к	3,31	2	6,62	0,686
Д-4	1скло 5мм	Дерево 40мм	-	1,90	46	87,4	0,267

Таблиця 2.10 – Площі зовнішніх дверей за орієнтацією

Площі зовнішніх дверей за орієнтацією, м <sup>2</sup>							
Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗх	Зх	ПнЗх
100,64	0	6,62	0	6,62	0	6,62	0

Таблиця 2.11 – Приведені характеристики зовнішніх дверей

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний		
Загальна площа зовнішніх дверей	A <sub>дв</sub>	120,5	м <sup>2</sup>
Приведений опір теплопередачі дверей	R <sub>пр.</sub>	0,321	м <sup>2</sup> ·К/Вт
Нормативний опір теплопередачі	R <sub>qmin</sub>	0,600	м <sup>2</sup> ·К/Вт

Приведений опір теплопередачі конструкції не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 [3].

### Покрівля.

Будівля має горизонтальну покрівлю двох типів:

1) над приміщенням технічного поверху: монолітні залізобетонні плити товщиною 200 мм, ЦПР 20 мм, пароізоляція, теплоізоляція «DACHROCK» з мінеральної вати товщиною 100 мм, два шари єврорубероїду;

2) над машинним приміщенням ліфтів - монолітні залізобетонні плити товщиною 200 мм, ЦПР 20 мм, пароізоляція, теплоізоляція з піноскла товщиною 80 мм, гідроізоляція з бітуму 3 мм, керамічна плитка 15 мм.

Опір теплопередачі перекриття даху не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 [3].

Таблиця 2.12 – Конструкція покриття над опалюваним техповерхом

Матеріал	Товщина шару, $\delta_i$	$\lambda_i$
	м	м·К/Вт
Залізобетон	0,2	2,04
Цементно-піщаний розчин	0,02	0,93
Пароізоляція	0,005	0,3
Мінеральна вата	0,1	0,047
Гідроізоляція	0,005	0,17

Таблиця 2.13 – Конструкція покриття над ліфтовою камерою

Матеріал	Товщина шару, $\delta_i$	$\lambda_i$
	м	м·К/Вт
Залізобетон	0,2	2,04
Цементно-піщаний розчин	0,02	0,93
Піноскло	0,08	0,054
Гідроізоляція	0,003	0,22
Керамічна плитка	0,015	1,1

Визначення опорів теплопередачі покриттів за формулою (2.1):

$$R_{\text{пок1}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,005}{0,3} + \frac{0,1}{0,047} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{23} = 2,452 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$R_{\text{пок2}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,08}{0,054} + \frac{0,003}{0,22} + \frac{0,015}{1,1} + \frac{1}{23} = 1,787 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Таблиця 2.14 – Загальні характеристики покриття будівлі

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний			
Основний матеріал		Покриття 1	Покриття 2	
Площа покриттів	$A_{\text{покі}}$	541,0	88,0	м <sup>2</sup>
Опір теплопередачі покриттів	$R_{\text{покі}}$	2,452	1,787	м <sup>2</sup> ·К/Вт
Загальна площа покриття	$A_{\text{пок}\Sigma}$	629,0		м <sup>2</sup>
Приведений опір теплопередачі	$R_{\text{пр}\Sigma}$	2,33		м <sup>2</sup> ·К/Вт
Нормативний опір теплопередачі	$R_{\text{qmin}}$	4,95		м <sup>2</sup> ·К/Вт

**Підвал і цоколь.**

В будівлі наявний суттєвий підвал. Висота приміщень підвалу 3 м. Перекриття підвалу та першого поверху залізобетонне з вирівнюванням із теплоізоляційного цементно-перлітового розчину, та підлоговою плиткою.

Підлога підвалу бетонна (монолітний ростверк товщиною 1,2 м на бетонній підготовці 0,1 м). Опір теплопередачі переkritтя підпілля не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016.

Стіни підвалу залізобетонна (0,4 м), частина стін підвалу, що вище рівня ґрунту, теплоізолювана шаром пінополістиролу (0,1 м).

Таблиця 2.15 – Конструкція переkritтя над підвалом

Матеріал	Товщина шару, $\delta_i$	$\lambda_i$
	м	м·К/Вт
Залізобетон	0,2	2,04
Цементно-перлітовий розчин	0,05	0,26
Керамічна плитка для підлоги	0,015	1,1

Опір теплопередачі переkritтя підвалу за формулою (2.1):

$$R_{\text{підв}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,05}{0,26} + \frac{0,015}{1,1} + \frac{1}{12} = 0,502 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Таблиця 2.16 Загальні характеристики перекриття над підвалом

Загальна оцінка існуючого стану	задовільний		
Загальна площа перекриття підпілля	$A_{\text{пер}}$	640,63	м <sup>2</sup>
Приведений термічний опір перекриття	$R_{\text{пер}}$	0,502	м <sup>2</sup> К/Вт
Нормативний опір теплопередачі	$R_{\text{qmin}}$	3,75	м <sup>2</sup> К/Вт

Опір теплопередачі перекриття над підвалом не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016 [3].

### 2.1.3 Шляхи підвищення ефективності

Для підвищення енергоефективності будівлі у системі огорожувальних конструкцій розглядаються шляхи покращення теплоізоляційних характеристик елементів оболонки будівлі до рівня мінімальних вимог ДБН «Теплова ізоляція будівель» [3].

#### 1. Заміна дверей МЗК.

Наявні дерев'яні двері переходів місць загального користування мають дуже низький опір теплопередачі. Пропонується розглянути можливість заміни існуючих дверей МЗК на сучасні енергоефективні світлопрозорі двері, з двокамерним склопакетом у ПВХ-профілі.

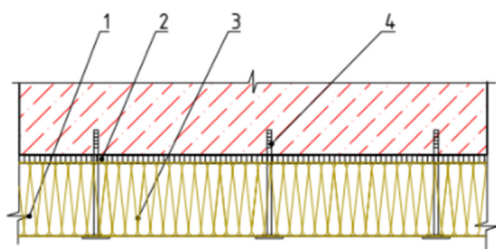
Паспортний опір теплопередачі нових дверей має бути не нижче значення мінімальних вимог  $R_{\text{qmin}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .



Рисунок 2.7 – Приклад сучасних світлопрозорих дверей

## 2. Теплоізоляція перекриття над підвалом.

Пропонується до впровадження улаштування шару теплоізоляції перекриття над підвалом, для зменшення втрат теплової енергії з опалюваних приміщень у зону неопалюваного підпілля, з доведенням опору теплопередачі конструкції до рівня мінімальних вимог.



а



б

Рисунок 2.8 – Теплоізоляція перекриття:

а) – схема ; б) – приклад утеплення

### 3. Додаткова теплоізоляція покриття.

Пропонується до впровадження улаштування додаткового шару теплоізоляції покриття, для зменшення втрат теплової енергії з опалюваного техповерху, з доведенням опору теплопередачі конструкції покриття до рівня мінімальних вимог.

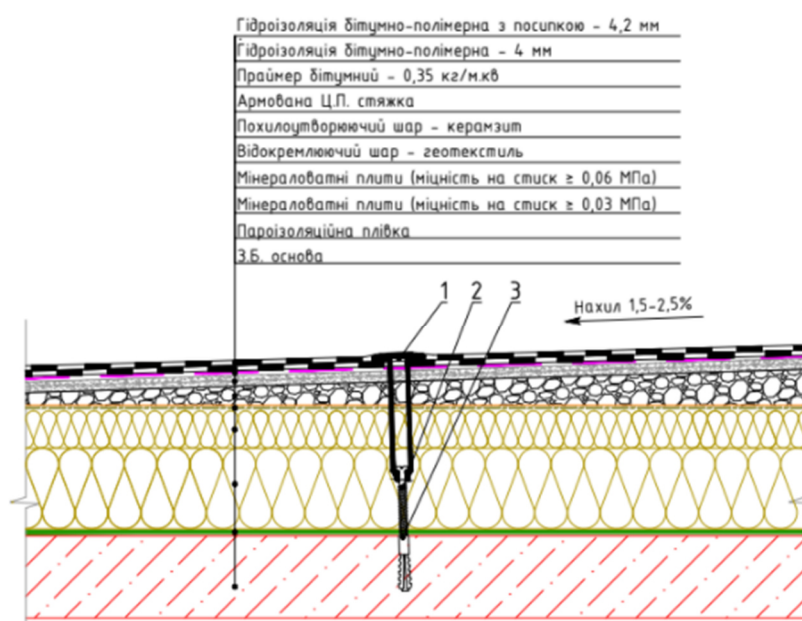


Рисунок 2.9 – Приклад схеми теплоізоляції покриття

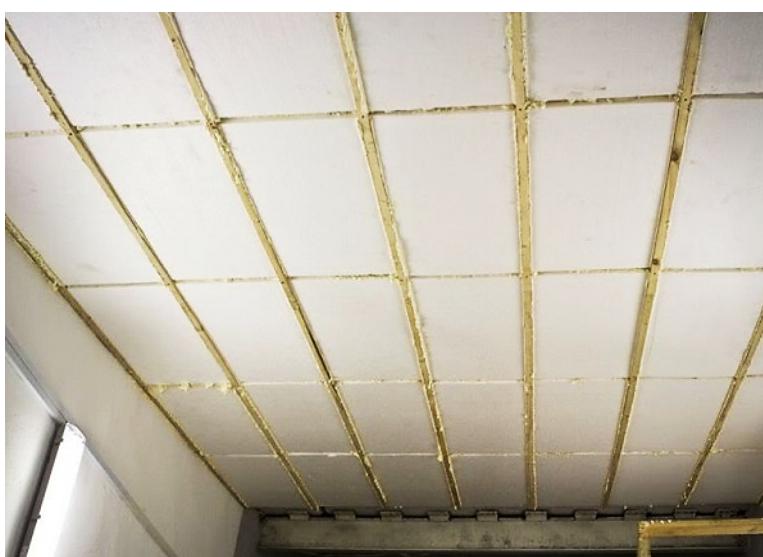


Рисунок 2.10 – Варіант теплоізоляції покриття зсередини

#### 4. Додаткова теплоізоляція зовнішніх стін.

Пропонується до впровадження виконання реконструкції зовнішніх стін будівлі з заміною шару пінополістиролу на шар теплоізоляції з мінеральної вати більшої товщини і опорядженням штукатуркою, для зменшення втрат теплової енергії через даний елемент конструкції, та доведенням опору теплопередачі конструкцій зовнішніх стін до рівня мінімальних вимог [3].

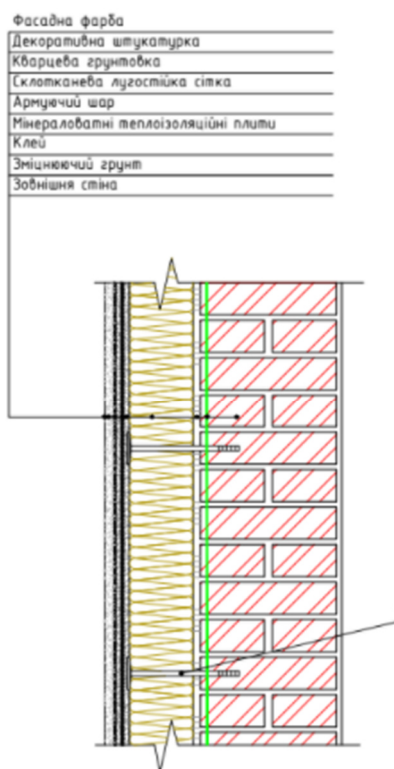


Рисунок 2.11 – Схема теплоізоляції зовнішньої стіни

#### 5. Комплексна заміна вікон будівлі.

Вікна в будівлі не відповідають нормативним вимогам. Пропонується розглянути можливість заміни наявних вікон на нові енергоефективні вікна, з шестикамерним ПВХ-профілем, теплоізованою дистанцією, двокамерними склопакетами з низькоемісійним напиленням та заповненням інертними газами.

Паспортний опір теплопередачі вікон має бути не нижче значення мінімальних вимог  $R_{qmin} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Розрахунки економії та термінів окупності шляхів підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій виконуються у розділ III.

## 2.2 Дослідження джерела теплопостачання

Джерело теплової енергії для потреб опалення та ГВП - централізоване теплопостачання. Температурний графік теплопостачання: зимній - 150/70 °С, літній - 70/30 °С.

Будинок приєднано до теплових мереж КП «Київтеплоенерго», від теплової камери ТК-443/4, відгалуження гілки теплової мережі №443 (РТМ «Троєщина»), трубопроводами 2Ø133/225. Первинна генерація теплової енергії відбувається на Київській ТЕЦ-6.



Рисунок 2.12 – Розташування будівлі на схемі теплопостачання м. Києва

Будівля розділена на зони теплопостачання: I зона – 2-13 поверхи та хол першого поверху, II зона – 14-24 поверхи, III зона – комерційні приміщення першого поверху.

В рамках зон виконано розмежування системи опалення (окремі модулі ІТП), гарячого водопостачання (окремі модулі ІТП).



## 2.3 Дослідження системи опалення

### 2.3.1 Аналіз сучасного стану

Система опалення розглядається як сукупність трьох основних підсистем:

- підсистема «генерування» та акумуляції;
- підсистема розподілення;
- підсистема виділення.

Підсистемою генерування виступає власне джерело теплової енергії для будинку – котельня, тепловий насос або тепловий пункт у випадку централізованого теплопостачання, тощо. Для централізованого теплопостачання ефективність підсистеми залежить від наявності якісного та кількісного регулювання споживання енергії з тепломережі відповідно до фактичних потреб.

Підсистема розподілення – це вертикальні та горизонтальні трубопроводи опалення, що розподіляють теплоносії по будівлі до опалювальних приладів. Ефективність даної підсистеми залежить в першу чергу від рівня теплової ізольованості трубопроводів.

Підсистема виділення – це опалювальні прилади, що виділяють теплову енергію в приміщення. Ефективність у даній підсистемі залежить від місця розташування опалювального приладу, виду теплообміну, наявності приладів індивідуального регулювання температури в приміщеннях.

Також, ефективність виділення залежить від гідравлічної збалансованості системи, за оптимальними витратами теплоносія.

Відповідно до сучасних будівельних норм системи опалення проектується двотрубними з горизонтальним поквартирним розведенням, приладами автоматичного балансування, місцевого регулювання [5].

Горизонтальні двотрубні системи дозволяють організувати внутрішньобудинковий поквартирний облік споживання теплової енергії на опалення.

### 2.3.2 Аналіз поточного технічного стану системи опалення

#### Підсистема генерування та акумуляції.

Схема приєднання системи незалежна, встановлений модульний індивідуальний тепловий пункт з автоматичним погодозалежним регулюванням витрати теплоносія. Температурний графік системи опалення 90/70 °С. Теплове навантаження І зони: 0,425 Гкал/год, ІІ зони: 0,444 Гкал/год.



Рисунок 2.13 а,б) – Загальний вигляд обладнання теплового пункту



Рисунок 2.14 – Окремий модуль теплопункту

### Підсистема розподілення.

В будинку горизонтальна двотрубна система з центральними вертикальними стояками, теплоносій – вода. На стояках наявні балансувальні вентилі HERZ Stromax.

Розподільчі трубопроводи в підвалі та вертикальні стояки виконані зі сталевих електрозварних труб, та сталевих безшовних водогазопровідних труб. Горизонтальні ділянки у квартирах - поліетиленові труби PEX-с.

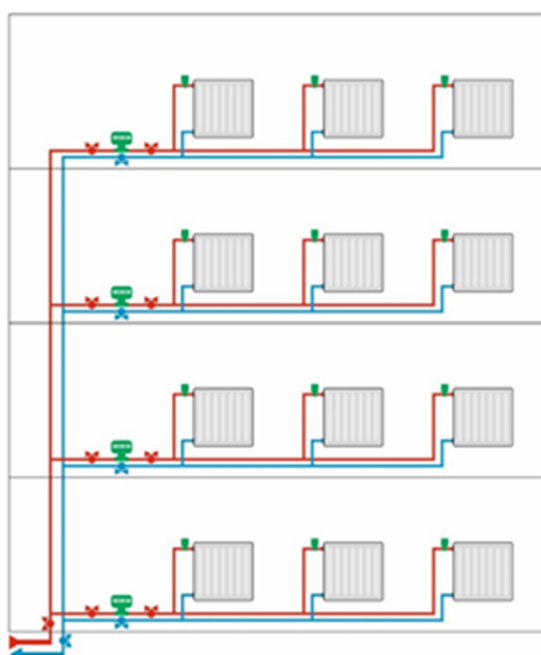


Рисунок 2.15 – Умовна схема двотрубно-горизонтальної системи опалення

Таблиця 2.17 – Характеристики системи опалення

Тип системи (1-но чи 2-во трубна)		2-трубна, горизонтальна	
Матеріал трубопроводів		Сталь, PEX-с	
Балансувальні крани		На стояках, ручні HERZ Stromax	
Теплоносій		вода	
T1.1/T1.2		90/70	
Стан теплової ізоляції	В приміщенні ІТП	Наявна	задовільний
	У підпіллі	Наявна	частково пошкоджена
	Стояки	Наявна	задовільний

Теплоізоляція трубопроводів у підвалі наявна, частково пошкоджена. Утеплення виконано зі спіненого пінополістиролу, товщини утеплювача 20-40мм. На розподільчих стояках наявна теплоізоляція 20мм. Горизонтальні квартирні вітки системи прокладені в захисних гофротрубах.

Загальні відомості про трубопроводи системи опалення зведено до таблиць 2.18-2.20.

Таблиця 2.18 – Трубопроводи опалення у підпіллі

Матеріал	$d_{\text{вн}}$	$d_{\text{зов}}$	$\delta_{\text{тр}}$	$L_i$	$\delta_{\text{із}}$
	м	м	м	м	м
Сталь	0,0367	0,0423	0,0028	125,48	0,02
Сталь	0,042	0,048	0,003	27,0	0,02
Сталь	0,0514	0,057	0,0028	580,00	0,04
Сталь	0,0704	0,076	0,0028	100,00	0,04
Сталь	0,0834	0,089	0,0028	50,00	0,04
Сталь	0,1024	0,108	0,0028	10,00	0,04
Сталь	0,033	0,038	0,0025	20,00	0,02
Сталь	0,125	0,133	0,004	7,50	0,04
Сталь	0,151	0,159	0,004	5,00	0,04
Сталь	0,0279	0,0335	0,0028	20,00	0,02

Таблиця 2.19 – Трубопроводи опалення – центральні стояки

Матеріал	$d_{\text{вн}}$	$d_{\text{зов}}$	$\delta_{\text{тр}}$	$L_i$	$\delta_{\text{із}}$
	м	м	м	м	м
Сталь	0,015	0,0213	0,0025	423,00	0,02
Сталь	0,02	0,0268	0,0025	690,7	0,02
Сталь	0,025	0,0335	0,0028	520,00	0,02
Сталь	0,032	0,0423	0,0028	854,53	0,02
Сталь	0,04	0,048	0,003	478,00	0,02
Сталь	0,02	0,0268	0,0025	75,00	0
Сталь	0,032	0,0423	0,0028	156,00	0

Таблиця 2.20 – Трубопроводи опалення – ділянки від стояків до радіаторів

Матеріал	$d_{\text{вн}}$	$d_{\text{зов}}$	$\delta_{\text{тр}}$	$L_i$	$\delta_{i3}$
	М	М	М	М	М
РЕХ-с	0,01	0,014	0,002	3890,00	0
РЕХ-с	0,014	0,018	0,002	5050,00	0
РЕХ-с	0,018	0,025	0,0035	640,00	0
РЕХ-с	0,0232	0,032	0,0044	10,00	0
Сталь	0,032	0,0423	0,0025	165,20	0
Сталь	0,015	0,0213	0,0025	77,00	0
Сталь	0,02	0,0268	0,0025	154,30	0

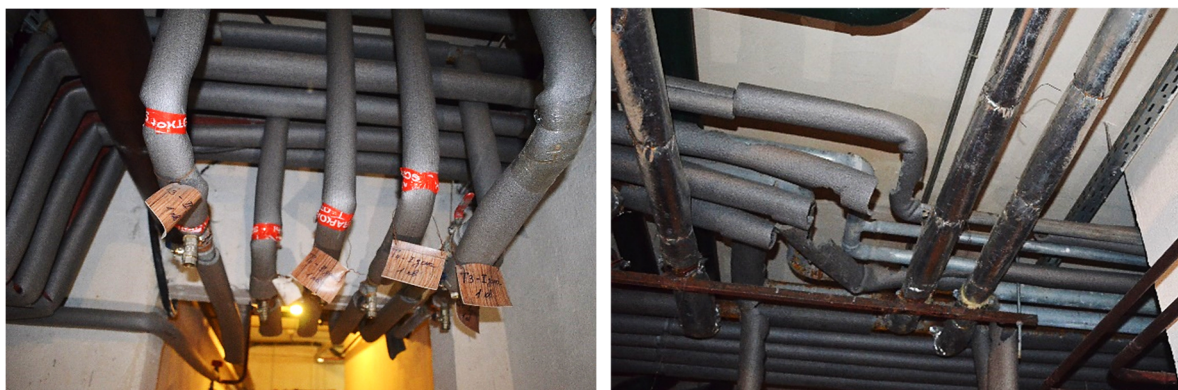


Рисунок 2.16 а,б) – Трубопроводи опалення в підвалі



Рисунок 2.17 – Ручні балансувальні клапани на стоякових гілках



### **Підсистема виділення енергії.**

За проектом опалювальні прилади житлових приміщень - алюмінієві радіатори ASAL з термостатичними вентилями HERZ TS-90-V. В приміщеннях МЗК та техповерху, встановлені сталеві панельні радіатори.



Рисунок 2.18 – Панельний радіатор опалення в холі будинку



Рисунок 2.19 – Панельний радіатор на техповерхсі

### **2.3.3 Шляхи підвищення ефективності**

Для підвищення ефективності системи опалення розглядаються шляхи мінімізації втрат енергії в підсистемах, організації ефективного індивідуального регулювання енергоспоживанням.

## **1. Теплоізоляція трубопроводів опалення у підвалі.**

Для зменшення втрат теплової енергії при розподіленні теплоносія до стояків системи опалення пропонується виконати заміну пошкоджених ділянок теплоізоляції, нанесення покращеної трубної теплоізоляції за сучасними вимогами на розподільчі трубопроводи системи опалення в приміщеннях підпілля.



Рисунок 2.20 – Трубна теплоізоляція з мінеральної вати

## **2. Встановлення автоматичних балансувальних клапанів.**

В системі опалення наявні ручні балансувальні клапани на стояках. В рамках даного заходу пропонується встановлення приладів автоматичного балансування на стояки системи опалення. Результатом роботи правильно збалансованої системи опалення є оптимальний перерозподіл теплоносія по всіх ділянках системи, оптимальна зміна та підтримання необхідної витрати теплоносія, з підтриманням постійного перепаду тиску в системі.



Рисунок 2.21 – Автоматичний балансувальний клапан з запірним клапаном-партнером

### 3. Встановлення термоголовок на радіаторні термостатичні клапани.

На радіаторних термостатичних клапанах відсутні термоголовки, внаслідок чого відсутня можливість автоматичного регулювання споживання теплової енергії з підтриманням стабільної температури внутрішнього повітря.

Встановлення термоголовок на термостатичні клапани, дозволить здійснювати оптимальне підтримання заданої внутрішньої температури повітря в приміщенні, з автоматичною зміною витрати теплоносія.



Рисунок 2.22 – Термоголовка для клапана HERZ TS-90-V

Розрахунки економії та термінів окупності запропонованих шляхів підвищення ефективності системи опалення наводяться у розділі III.



## 2.4 Дослідження системи постачання гарячої води

### 2.4.1 Аналіз поточного технічного стану системи гарячого водопостачання

Джерело для системи гарячого водопостачання - централізоване теплопостачання.

Система ГВП розділена на дві зони. Теплове навантаження I зони ГВП: 0,298 Гкал/год, II зони ГВП: 0,297 Гкал/год.

Розподіл гарячої води відбувається по сталевим теплоізованим трубопроводам. Відповідно до зон, циркуляційні стояки розділені на дві окремі групи. Температура подавання гарячої води – 55 °С. Температурний графік циркуляційного контуру 55/45 °С. Облік гарячої води індивідуальний поквартирний.

Прилади споживання гарячої води: повнорозмірні ванни 1700 мм, умивальники у ванних кімнатах, рукомийники на кухнях.

Таблиця 2.21 – Трубопроводи ГВП у неопалюваних приміщеннях

Матеріал	$d_{\text{вн}}$	$d_{\text{зов}}$	$\delta_{\text{тр}}$	$L_i$	$\delta_{\text{із}}$
	м	м	м	м	м
Сталь	0,02	0,0256	0,0028	60,00	0,02
Сталь	0,025	0,031	0,003	112,00	0,02
Сталь	0,032	0,0376	0,0028	240,00	0,02
Сталь	0,038	0,0436	0,0028	20,00	0,02
Сталь	0,045	0,0506	0,0028	35,00	0,02
Сталь	0,057	0,0626	0,0028	25,00	0,04
Сталь	0,076	0,081	0,0025	5,00	0,04
Сталь	0,089	0,094	0,0025	60,00	0,04
Сталь	0,108	0,116	0,004	75,00	0,04
Сталь	0,133	0,141	0,004	7,50	0,04
Сталь	0,159	0,167	0,004	5,00	0,04

Таблиця 2.22 – Трубопроводи ГВП циркуляційні стояки

Матеріал	$d_{\text{вн}}$	$d_{\text{зов}}$	$\delta_{\text{тр}}$	$L_i$	$\delta_{i3}$
	М	М	М	М	М
Сталь	0,0279	0,0335	0,0028	1162	0,02
Сталь	0,0367	0,0423	0,0028	1051	0,02

Таблиця 2.23 – Трубопроводи ГВП ділянки до приладів

Матеріал	$d_{\text{вн}}$	$d_{\text{зов}}$	$\delta_{\text{тр}}$	$L_i$	$\delta_{i3}$
	М	М	М	М	М
РЕХ-с	0,014	0,018	0,002	736	0
Сталь	0,0218	0,0268	0,0025	308	0,02



Рисунок 2.23 – Трубопроводи ГВП в підвалі

#### 2.4.2 Шляхи підвищення ефективності системи гарячого водопостачання

Для підвищення ефективності системи гарячого водопостачання пропонується розглянути можливість заміни пошкоджених ділянок теплоізоляції, нанесення покращеної трубної теплоізоляції на розподільчі трубопроводи системи гарячого водопостачання в приміщеннях підвалу. Це дозволить зменшити втрати теплової енергії при розподіленні гарячої води до циркуляційних стояків системи.

## 2.5 Дослідження системи вентиляції

### 2.5.1 Аналіз поточного технічного стану системи вентиляції

Система вентиляції будинку природна витяжна. Видалення повітря відбувається через витяжні канали в санвузлах та кухнях. Приплив свіжого повітря здійснюється при відкриванні вікон та за рахунок повітропроникності оболонки будівлі.

### 2.5.2 Шляхи підвищення енергоефективності

Для забезпечення повітрообміну в багатоквартирних будівлях зазвичай використовують витяжні каналні вентилятори, але при збільшенні витрати повітря збільшуються марні вентиляційні втрати теплоти вихідного повітря.

Енергоефективним рішенням організації повітрообміну в будівлі буде встановлення індивідуальних приточно-витяжних вентиляційних систем, що встановлюються в конструкції зовнішніх стін. В таких установках передбачена система рекуперації теплоти вихідного повітря, у теплообміннику спеціальної форми. Дане обладнання забезпечить необхідний рівень повітрообміну, з потенційним зниженням марних вентиляційних тепловтрат.

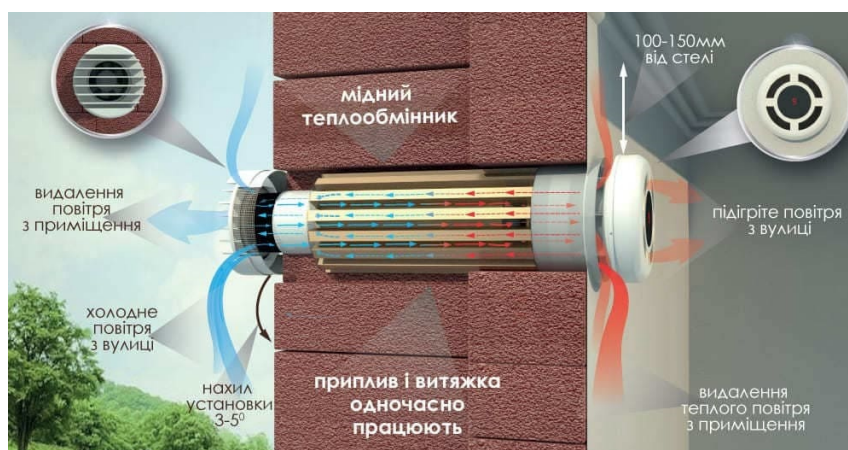


Рисунок 2.24 – Приклад індивідуальної вентиляційної установки з рекуперацією теплоти вихідного повітря

## 2.6 Дослідження системи електропостачання

### 2.6.1 Аналіз сучасного стану постачання електричної енергії

Електропостачання багатоквартирного будинку здійснюється від трансформаторної підстанції ТП-7108 10/0,4 кВ, що приєднана до районного розподільчого пункту РП-460, який живиться від електричної підстанції ПС «Вигурівщина» 110/10 кВ.

Будівля є споживачем електричної енергії II класу напруги (до 27,5 кВ).

Оператор системи розподілу електричної енергії до будинку – ПАТ «ДТЕК Київські електромережі». Тарифи на послуги з розподілу електричної енергії представлено у таблиці 2.24.

Таблиця 2.24 – Тарифи на послуги розподілу електроенергії

	II клас напруги	ПДВ	Разом з ПДВ
Тариф на розподіл, грн/МВт·год	177,80	35,56	213,36

Постачальник електричної енергії для будинку – ДТЕК «Yasno» («Київські енергетичні послуги»).

Об'єднання співвласників багатоквартирного будинку є оформленим як юридична особа колективним побутовим споживачем електроенергії, для якого постановою НКРЕКП від 26.02.2015 № 220 [6] встановлено фіксовані ціни на електричну енергію (табл. 2.25).

Таблиця 2.25 – Тарифи на придбання електроенергії ОСББ

	Тариф	ПДВ	Разом з ПДВ
Побутове споживання	0,75	0,15	0,9
	1,4	0,28	1,68
Споживання на технічні цілі	1,4	0,28	1,68

У будівлі присутні вбудовані комерційні приміщення, що є малими непобутовими споживачами електроенергії II класу напруги. Такі споживачі купують електроенергію за універсальною послугою.

Таблиця 2.26 – Ціни на універсальну послугу для малих непобутових споживачів

	Тариф, коп/кВт·год	ПДВ , коп/кВт·год	Разом з ПДВ, коп/кВт·год
II клас напруги	206,947	41,389	248,336

### 2.6.2 Аналіз поточного технічного стану системи електропостачання

Точка балансової приналежності на клеммах приєднання кабелів у щитах будинку.

Від трансформаторної підстанції живиться ряд будинкових електрощитів:

- Щ1 – кабелями ВВГ-1 4х185;
- Щ2 – кабелями ВВГ-1 4х185;
- Щ3 – кабелями АВВГ-1 4х240, від якого живляться Щ6 (обладнання насосної водопостачання) кабелями НХН 5х16 та Щ7 (обладнання ІТП) кабелями ВВГнг 5х16;
- Щ5 (вбудовані приміщення) – кабелями АВВГ-1 4х120;

Схема заземлення TN-C-S. Нульовий робочий та нульовий захисний провідники виконано окремо.

В будинку наявні споживачі електроенергії I категорії надійності: система протидимного захисту, система контролю та сигналізації загазованості повітря, аварійне освітлення.

Для приготування їжі в квартирах встановлені електричні плити потужністю 10,5 кВт. Установлена потужність обладнання I категорії 16,0 кВт, II категорії – 372 кВт, сумарна потужність електронагрівального обладнання – 1848 кВт.

### Система освітлення.

Система освітлення місць загального користування – світильники Т8 зі світлодіодними лампами потужністю 9 Вт. Світильники на сходових клітинах обладнані датчиками руху, освітлення холу першого поверху вмикається вручну. На ліфтових площадках освітлення працює постійно.



Рисунок 2.25 а,б) – Світильники в МЗК

Таблиця 2.27 – Штучне освітлення в будівлі

Місце встановлення	Тип ламп	Потужність	Кількість	Загальна потужність
		Вт	шт	Вт
МЗК	T8 LED	9	253	2277
Комерційні приміщення 1 пов.	T8 LED	9	144	1296
Квартири	LED E27	10	458	4580
	LED E27	12	610	7320

### Насосне обладнання інженерних систем.

У будинку встановлено комплекс насосного обладнання, зокрема:

- Циркуляційний насос системи опалення I зони WILO TOP-S65/13, N=1,1 кВт, U=400 В (1 робочий, 1 резервний);
- Підживлюючий насос системи опалення I зони Wilo MVI 204 потужністю N=0,75 кВт, U=400 В (1 робочий, 1 резервний);
- Циркуляційний насос системи опалення II зони WILO TOP-S65/13, N=1,1 кВт, U=400 В (1 робочий, 1 резервний);
- Підживлюючий насос системи опалення II зони Wilo MVI 204 потужністю N=0,75 кВт, U=400 В (1 робочий, 1 резервний);
- Циркуляційний насос системи ГВП I зони WILO TOP-Z 40/7, N=0,18 кВт, U=230 В (1 робочий, 1 резервний);
- Циркуляційний насос системи ГВП II зони WILO TOP-Z 40/7, N=0,18 кВт, U=230 В (1 робочий, 1 резервний).

### Облік електричної енергії.

У будівлі розгалужена система обліку електроенергії, точки обліку описано у таблиці 2.28.

Таблиця 2.28 – Наявні рівні обліку електроенергії в будинку

№	Характер обліку	Примітки
1	Загальнобудинковий облік	Транзит до квартир
3	Робоче освітлення	
4	Загальнобудинковий облік	Транзит до квартир
5	Аварійне освітлення	Працює постійно
7	Рекламний баннер	
8	Ліфти	
10	Насосна	
11	ІТП	
12	Вбудовані нежитлові приміщення	Транзит до ком. приміщень

Відповідно до Методики обчислення оплати за перетікання реактивної електроенергії [7], непобутові споживачі зобов'язані організовувати облік та розраховуватися з оператором системи розподілу за перетоки реактивної енергії. Для вбудованих непобутових споживачів з липня 2019 року здійснюється облік перетоків реактивної енергії (табл. 2.29).

Таблиця 2.29 – Облік реактивної енергії непобутовими споживачами

2019	Лічильник №1, квар·год	Лічильник №2, квар·год
Липень	2772	1445
Серпень	2823	1470
Вересень	2927	1554
Жовтень	1268	814
Листопад	1937	1273
Грудень	2127	1216
<b>Разом</b>	<b>13854</b>	<b>7772</b>

У будинку наявна суттєва кількість електродвигунів в устаткуванні інженерних систем, що споживають електричну енергію на технічні цілі побутового споживача, та є суттєвим «джерелом» перетоків реактивної енергії. Однак, відсутні вимоги та зобов'язання щодо обліку реактивної енергії для побутових споживачів.

### 2.6.3 Шляхи підвищення ефективності використання системи електропостачання для забезпечення електричною енергією

Існують різні технології та підходи підвищення ефективності системи електропостачання, для зниження споживання електричної енергії, підвищення надійності електропостачання, зокрема з застосуванням нетрадиційних джерел енергії.



## **1. Сонячна електростанція на даху для живлення загальнобудинкового обладнання.**

Встановлення фотоелектричної станції на даху будинку дозволить забезпечити потреби електричної енергії будинку на технічні цілі, зокрема, освітлення місць МЗК, роботу ліфтів, насосів опалення та ГВП, тощо.



Рисунок 2.26 – Приклад встановлення СЕС на даху будинку

Рівень даху будинку 83,5 метрів, також сусідні будівлі мають таку ж або нижчу висоту, тому відсутні будь-які перешкоди та затінення площини даху, що є суттєвим фактором ефективності генерації енергії. Для розташування обладнання перетворення струму та акумуляторів доцільно використати приміщення технічного поверху.

Також, можливий альтернативний спосіб впровадження даного заходу – заключення договору оренди даху з одним окремим співвласником будинку, під встановлення дахової сонячної електростанції для продажу електроенергії за «зеленим тарифом». У такому випадку, співвласник-ініціатор бере на себе всю відповідальність за впровадження такого проекту, та виступає прямим вигодонабувачем від продажу електроенергії.

За таких умов, вигодою для ОСББ будуть грошові надходження за договором оренди даху, які можна направити на впровадження інших заходів з енергозбереження, чи на створення спеціальних фондів для фінансування майбутніх ремонтів.

## **2. Встановлення частотних перетворювачів на насоси інженерних систем будівлі.**

Частотний перетворювач дозволить зберегти двигун насосу від перенапруги, подовжити термін експлуатації, економити електричну енергію під час пусків та суттєвої зміни робочої потужності. Застосовування частотних перетворювачів доцільно виконувати для насосів, що працюють у змінному гідравлічному режимі, для забезпечення максимальної економії.

Результатом впровадження регулювання електродвигунів насосів буде оптимальна витрата електроенергії при необхідній продуктивності насосу, за рахунок чого можливо зекономити до 25% електроенергії, що споживається двигунами насосів [8].

## **Висновки до розділу**

У даному розділі було проаналізовано огорожувальні конструкції будинку, основні інженерні системи. В будинку наявні теплоізовані зовнішні стіни та покриття, енергоефективні вікна, але опори теплопередачі конструкцій не відповідають нормативним вимогам.

Наявна сучасна горизонтальна система опалення з центральними стояками, поквартирний облік теплової енергії, модульний ІТП з погодозалежною автоматикою. На стояках опалення наявні ручні балансувальні клапани.

Система гарячого водопостачання будівлі централізована, система вентиляції витяжна з природнім спонуканням. У системі електропостачання наявні споживачі I та II категорії надійності, розгалужений облік електричної енергії за різними типами споживачів. Освітлення місць загального користування забезпечується світильниками з енергоефективними лампами.

Для розглянутих систем було описано основні можливості та шляхи підвищення енергоефективності.

### **3 ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУДІВЛІ ТА СЕРТИФІКАЦІЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

#### **3.1 Аналіз нормативної бази з оцінки енергоефективності будівель**

В рамках договору про асоціацію України з Європейським Союзом, українським урядом було розроблено план імплементації Директиви Європарламенту щодо енергетичної ефективності будівель (2010/31/ЄС) [12]. У даній Директиві описано основні положення для країн-членів ЄС:

- щодо спільних положень та методів у методології визначення енергетичної ефективності будівель;
- щодо встановлення мінімальних вимог до енергетичної ефективності проєктованих та існуючих будівель, елементів будівельних конструкцій, обладнання інженерних систем;
- про впровадження національних планів щодо збільшення кількості “NZEB”-будівель (з близьким до нуля споживанням енергії);
- про організацію системи сертифікації енергоефективності будівель;
- про організацію системи обстеження інженерних систем у будівлях;
- про організацію контролю та моніторингу сертифікатів та звітів про обстеження інженерних систем.

Директива 2010/31/ЄС є переглядом однойменної Директиви 2002/91/ЄС [13] від 16 грудня 2002 року, яку було прийнято для створення законодавчого підґрунтя по зниженню енергоємності будівельного сектору європейських економік, та виконання ряду екологічних стратегій, зокрема цілей Кіотського протоколу Рамкової конвенції ООН зі змін клімату.

В Україні для законодавчого врегулювання питань енергоефективності будівель, у 2017 році було прийнято Закон України №2118-8 «Про енергетичну ефективність будівель» [9].

Було розроблено комплекс нормативно-правових актів та методичних документів, зокрема: Методика визначення енергетичної ефективності будівель

(за Наказом №169) [10], Порядок проведення сертифікації енергетичної ефективності та Форми енергетичного сертифікату (за Наказом №172) [11].

До впровадження системи сертифікації, в Україні оцінка енергоефективності будівель відбувалася в рамках розробки енергетичного паспорту за показниками питомої енергопотреби, згідно з ДБН В.2.6–31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [3].

В результаті розробки нових нормативно-правових документів, існуючий підхід було доповнено новими показниками та методиками, в результаті чого виникла деяка неузгодженість щодо вимог до енергоефективності будівель.

Згідно з новими вимогами, клас енергоефективності будівлі визначається за показниками питомого енергоспоживання: дані показники враховують енергопотребу та ефективність інженерних систем, в яких генерується, акумулюється, розподіляється та виділяється енергія [10].

### **3.1.1 Опис показників енергоефективності та форми енергетичного сертифікату**

Для складання енергетичного сертифікату, необхідно розрахувати показники енергоефективності за Методикою визначення енергетичної ефективності будівель [10]. За даною методикою сформовано вісім показників енергоефективності:

- Сукупний показник питомої енергопотреби на опалення, охолодження та гаряче водопостачання;
- Питоме енергоспоживання системи опалення;
- Питоме енергоспоживання системи охолодження;
- Питоме енергоспоживання системи гарячого водопостачання;
- Питоме енергоспоживання системи вентиляції;
- Питоме енергоспоживання системи освітлення;
- Питоме споживання первинної енергії;
- Питомі викиди парникових газів [10].

Дані показники є питомими величинами: для житлових будівель – до кондиціонованої площі, для громадських будівель – до кондиціонованого об'єму будівлі.

Сукупним показником для визначення класу енергоефективності є сума показників питомого енергоспоживання на опалення, охолодження та гаряче водопостачання.

Відповідно до Порядку [11] наявна затверджена форма енергетичного сертифікату будівлі, що складається з таких розділів:

- Витяг;
- Титульна сторінка;
- Розділ I. Фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій;
- Розділ II. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі;
- Розділ III. Фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі;
- Розділ IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності [11].

Шкала класифікації містить сім класів енергоефективності – від класу G (низький рівень енергоефективності) до A (високий рівень енергоефективності).

Чисельні значення граничних значень класів енергоефективності сформовано за типами та призначенням будівель (житлові, громадські, заклади освіти, тощо) [10].

Для показників питомого споживання первинної енергії та питомих викидів парникових газів встановлено окремі шкали енергетичної оцінки в рамках сертифікату без класифікації.

## Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника	Існуюче значення кВт×год/м <sup>2</sup> (кВт×год/м <sup>3</sup> ) за рік	Мінімальні вимоги кВт×год/м <sup>2</sup> (кВт×год/м <sup>3</sup> ) за рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання		
Питома енергоспоживання при опаленні		
Питома енергоспоживання при охолодженні		
Питома енергоспоживання при гарячому водопостачанні		
Питома енергоспоживання системи вентиляції		
Питома енергоспоживання при освітленні		
Питома споживання первинної енергії, кВт×год/м <sup>2</sup> за рік		
Питома викиди парникових газів, кг/м <sup>2</sup> за рік		

Рисунок 3.1 – Форма таблиці показників енергоефективності будівлі

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

Функціональне призначення та назва:

Відомості про конструкцію будівлі:

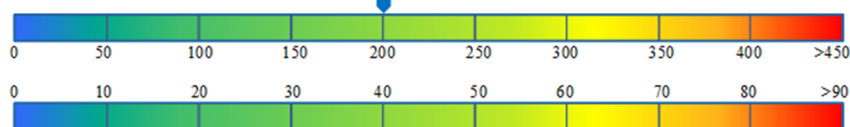
загальна площа, м<sup>2</sup>:загальний об'єм, м<sup>3</sup>:опалювана площа, м<sup>2</sup>:опалюваний об'єм, м<sup>3</sup>:

кількість поверхів:

рік прийняття в експлуатацію:

кількість під'їздів або входів:

Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
<p>Високий рівень енергоефективності</p> <p><b>A</b></p> <p><b>B</b></p> <p><b>C</b></p> <p><b>D</b></p> <p><b>E</b></p> <p><b>F</b></p> <p><b>G</b></p> <p>Низький рівень енергоефективності</p>	
Питома споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт × год/м <sup>2</sup>	

Питома споживання первинної енергії, кВт × год/м<sup>2</sup> за рік:Питома викиди парникових газів, кг/м<sup>2</sup> за рік:

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора

Рисунок 3.2 – Титульна сторінка енергетичного сертифікату будівлі

### 3.1.2 Аналіз національних підходів до визначення енергоефективності будівель та енергетичної сертифікації у країнах ЄС

Імплементація системи сертифікації енергоефективності будівель в країнах Європейського союзу досить різниться.

Наявні різні підходи до визначення показника EP, також різні типи шкал енергоефективності.

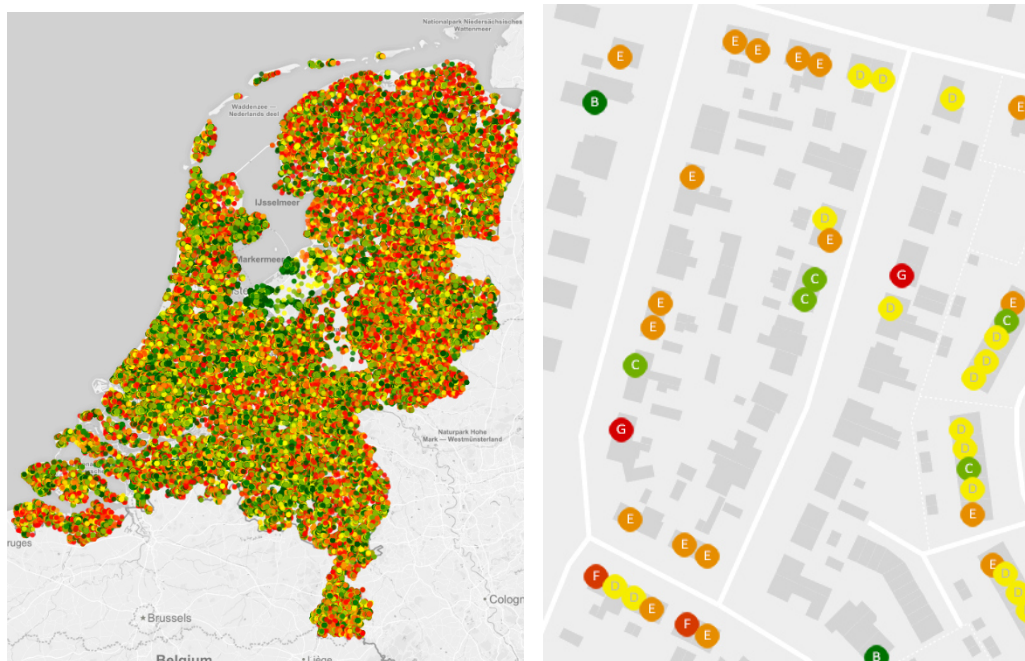


Рисунок 3.3 – Візуалізація за проектом Enerfund [18] мапи сертифікованих будівель в Європейському союзі: а) загальна мапа сертифікованих будівель в Королівстві Нідерланди; б) позначення класів енергоефективності будівель на схематичній мапі кварталу

У Франції класифікація енергоефективності будівель відбувається за двома шкалами – за показником питомого споживання первинної енергії та показником питомих викидів парникових газів (рис. 3.4).



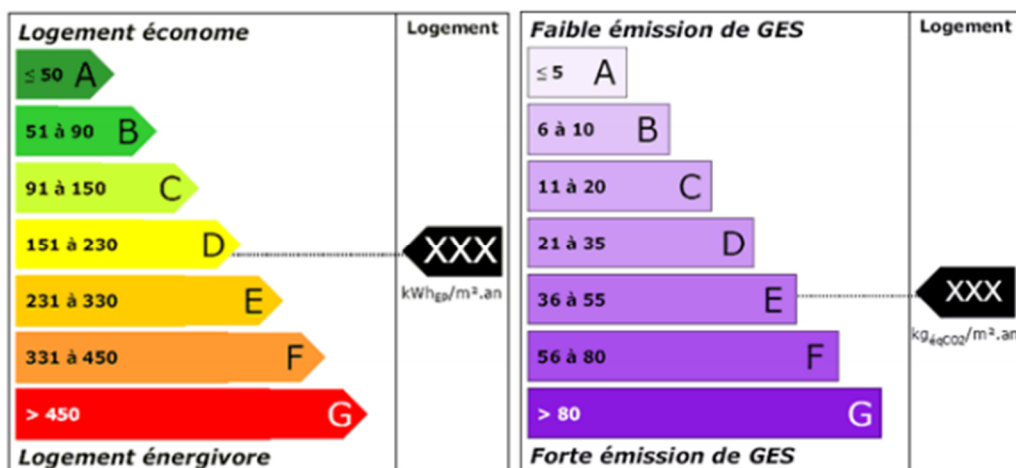


Рисунок 3.4 – Приклад класів енергоефективності в імplementації Французької Республіки

В Італії показником EP є питоме споживання невідновлюваної первинної енергії. Шкала класифікації енергоефективності будівель розширена – клас A розділений на чотири класи - A1, A2, A3, A4 (рис. 3.5).

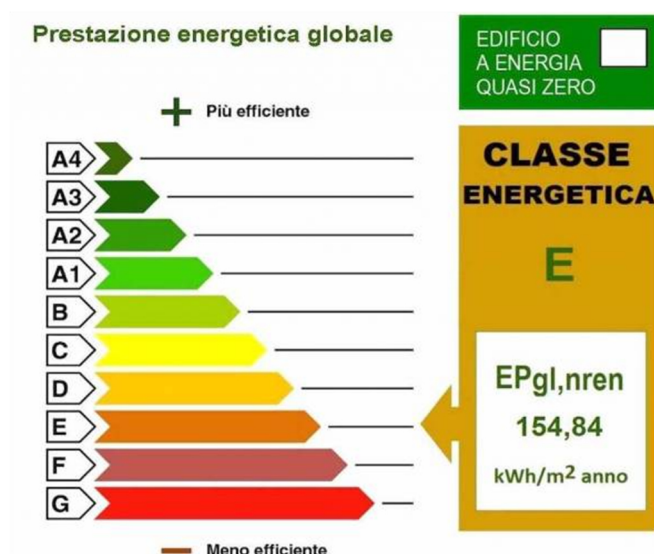


Рисунок 3.5 – Класи енергоефективності в імplementації Італійської республіки

В Чеській республіці класифікація енергоефективності відбувається за показником питомого споживання доставленої енергії до межі будівлі. Також наявна окрема шкала без класифікації для показника питомого споживання невідновлюваної первинної енергії (рис.3.6).

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)			Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)		
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)					
Mimořádně úsporná	A	← XXX	Dop.	A	Dop.
Velmi úsporná	B	← XXX	XXX	B	XXX
Úsporná	C	← XXX		C	
Méně úsporná	D	← XXX		D	
Nehospodárná	E	← XXX		E	
Velmi nehospodárná	F	← XXX		F	
Mimořádně nehospodárná	G	← XXX		G	
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok			XX,X	XX,X	

Рисунок 3.6 – Класи енергоефективності в Чехії

### 3.2 Визначення показників розрахункового енергоспоживання за Методикою визначення енергетичної ефективності будівель

Для визначення енергоспоживання та показників енергоефективності за Методикою [10] було сформовано розрахункову модель у програмному середовищі MS Excel. Загальний алгоритм розрахунків наведено на рис. 3.7.

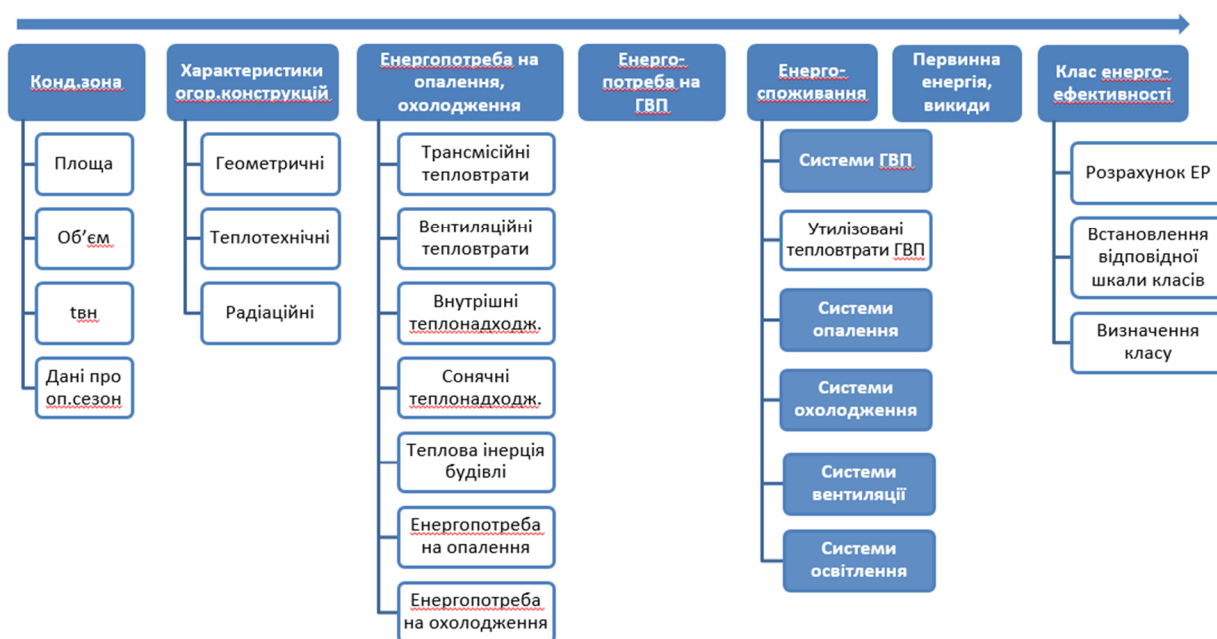


Рисунок 3.7 – Представлення загального алгоритму розрахунків

Геометричні параметри зони будівлі наведено у таблиці 3.2, кліматичні параметри розрахунку наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Геометричні параметри зони будівлі

Параметр	Значення	Од.вим.
Кондиційована зона	15193,6	м <sup>2</sup>
Кондиційований об'єм	49940,6	м <sup>3</sup>
Вентиляційний об'єм	37080	м <sup>3</sup>

Таблиця 3.3 – Кліматичні параметри за [4] та [19]

Параметр	Значення	Од.вим.
Розрахункова внутрішня температура для опалення	+20	°C
Розрахункова внутрішня температура для охолодження	+26	°C
Тривалість опалювального сезону	176	Діб
Середня розрахункова температура за опалювальний сезон	-0,1	°C
Розрахункова тривалість періоду охолодження	740	Годин

### 3.2.1 Розрахунок трансмісійних тепловтрат

Трансмісійні тепловтрати визначають за формулами:

- для опалення:

$$Q_{H,tr} = H_{tr,adj,H} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t; \quad (3.1)$$

- для охолодження:

$$Q_{C,tr} = H_{tr,adj,C} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t, \quad (3.2)$$

де:

$H_{tr,adj,H}$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією для опалення, Вт/К;

$H_{tr,adj,C}$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією для охолодження, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$  – задана внутрішня температура для опалення, °С;

$\theta_{int,set,C}$  – задана внутрішня температура для охолодження, °С;

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього повітря, °С;

$t$  – тривалість розрахункового місяця, годин.

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією визначається за формулою:

$$H_{tr,adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (3.3)$$

де:

$H_D$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

$H_g$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

$H_U$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через некондиціоновані зони, Вт/К;

$H_A$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель [4].

В загальному випадку, узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією визначають за формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \sum (A_i \cdot U_i), \quad (3.4)$$

де:

$b_{tr,x}$  – температурний поправочний коефіцієнт;

$A_i$  – площа і-того елемента оболонки, м<sup>2</sup>.

$U_i$  – приведений коефіцієнт теплопередачі і-того елемента оболонки, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Приведений коефіцієнт теплопередачі конструкції визначають за формулою:

$$U_i = \frac{1}{R_{pri}}, \quad (3.5)$$

де:

$R_{pri}$  – приведений опір теплопередачі  $i$ -того елемента конструкції,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ .

За відсутності детальної інформації про теплопровідні включення у конструкціях будівлі, необхідно врахувати коригуючу поправку для коефіцієнтів теплопередачі:

$$U_{op,corr} = U_{op,mn} + \Delta U_{tb}, \quad (3.6)$$

де:

$U_{op,mn}$  – коефіцієнт теплопередачі непрозорої конструкції (по основному полю),  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$\Delta U_{tb}$  – додаткова складова впливу теплопровідних включень,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Результати розрахунків узагальнених коефіцієнтів теплопередачі трансмісією  $H_D$  та  $H_U$  за елементами огорожувальних конструкцій, зведено до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією  $H_D$ ,  $H_U$

Вид огорожувальної конструкції	$A_i, \text{м}^2$	$R_{\Sigma}, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	$U, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\Delta U$	$H_{x,H}, \text{Вт}/\text{К}$	$H_{x,C}, \text{Вт}/\text{К}$
Зовнішні стіни	7525,21	2,450	0,408	0,075	3632,13	3635,65
Світлопрозорі конструкції	2379,16	0,672	1,488	0	3524,75	3537,02
Покрівля	629,0	2,330	0,429	0,075	317,09	317,09
Зовнішні двері	120,55	0,267	3,745	0	364,3	376,12
Сума:					7838,27	7865,91

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту для неопалюваного техпідпілля (рис.3.8) визначають за формулою:

$$H_g = b_{tr,x} \cdot \sum A \cdot U + P \cdot \Psi_g, \quad (3.7)$$

де:

$b_{tr,x}$  – те саме, що у формулі (3.4);

$A$  – площа підлоги,  $\text{м}^2$ ;

$U$  – коефіцієнт теплопередачі системи огорожувальних конструкцій техпідпілля,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$P$  – периметр підлоги підвалу,  $\text{м}$ ;

$\Psi_g$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі вузла сполучення підлоги з зовнішньою стіною,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ .

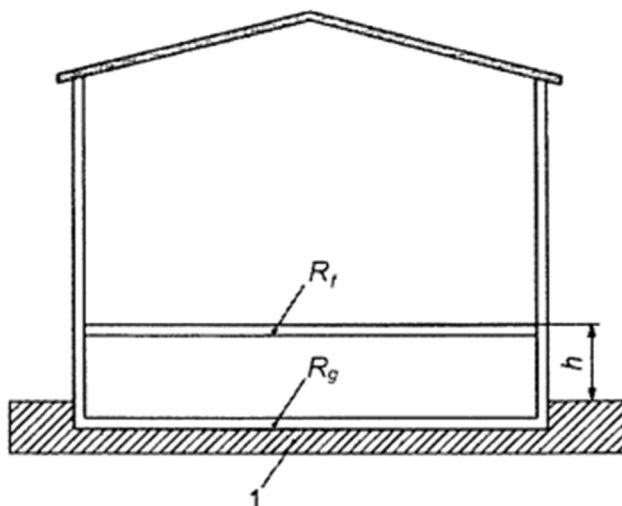


Рисунок 3.8 – Умовна схема неопалюваного підпілля

Коефіцієнт теплопередачі системи огорожувальних конструкцій техпідпілля вираховують з формули:

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{U_f} + \frac{1}{U_g + U_x}, \quad (3.8)$$

де:

$U_f$  – коефіцієнт теплопередачі перекриття між першим поверхом та підпіллям,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$U_g$  – коефіцієнт теплопередачі підлоги підпілля,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;

$U_x$  – еквівалентний коефіцієнт теплопередачі між простором підвалу та зовнішнім середовищем,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Коефіцієнт теплопередачі підлоги підпілля визначають за формулою:

$$U_g = \frac{2 \cdot \lambda}{\pi \cdot B' + d_g} \cdot \ln\left(\frac{\pi \cdot B'}{d_g} + 1\right), \quad (3.9)$$

де:

$\lambda$  – теплопровідність ґрунту, Вт/(м·К);

$B'$  – характерний розмір підлоги, м<sup>2</sup>/м;

$d_g$  – еквівалентна товщина підлоги, м.

Характеристичний розмір підлоги визначається за формулою:

$$B' = \frac{A}{0,5 \cdot P}, \quad (3.10)$$

де:

$A$  – площа підлоги, м<sup>2</sup>;

$P$  – периметр підлоги, м.

Характеристичний розмір підлоги підвалу становить:

$$B' = \frac{640,63}{0,5 \cdot 106,0} = 12,08 \text{ м.}$$

Еквівалентна товщина підлоги визначається за формулою:

$$d_g = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (3.11)$$

де:

$w$  – загальна товщина зовнішньої стіни підвалу, м;

$\lambda$  – те саме, що у формулі (3.9);

$R_{si}$  – внутрішній поверхневий термічний опір, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$R_f$  – термічний опір підлоги, м<sup>2</sup>·К/Вт;

$R_{se}$  – зовнішній поверхневий термічний опір, м<sup>2</sup>·К/Вт.

$$d_g = 0,42 + 2 \cdot (0,17 + 0,696 + 0,043) = 12,08 \text{ м.}$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги підпілля становить:

$$U_g = \frac{2 \cdot 2}{\pi \cdot 12,08 + 2,218} \cdot \ln\left(\frac{\pi \cdot 12,08}{2,218} + 1\right) = 0,288 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Коефіцієнт теплопередачі між простором підпілля та зовнішнім середовищем визначають за формулою:

$$U_x = 2 \cdot \frac{h \cdot U_w}{B'} + 1450 \cdot \frac{\varepsilon \cdot v \cdot f_w}{B'}, \quad (3.12)$$

де:

$h$  – висота відмітки ґрунту до верхньої відмітки перекриття над підвалом,

$\varepsilon$  – питома площа вентиляційних отворів по периметру, м/м;

$v$  – середня швидкість вітру, м/с;

$f_w$  – ступінь вітрозахисту;

$U_w$  – коефіцієнт теплопередачі стін підвалу, що вище рівня ґрунту,  $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ .

Коефіцієнт теплопередачі  $U_w$  визначається за формулою:

$$U_w = \frac{1}{R_w}, \quad (3.13)$$

де:

$R_w$  – опір теплопередачі стін вище ґрунту, визначають за формулою (2.1):

$$R_w = \frac{1}{12} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,4}{2,04} + \frac{0,1}{0,047} + \frac{1}{23} = 2,472 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$U_w = \frac{1}{R_w} = \frac{1}{2,472} = 0,405 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі між простором підвалу та зовнішнім середовищем становить:

$$U_x = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 0,405}{12,08} + 1450 \cdot \frac{0,132 \cdot 2,7 \cdot 0,05}{12,08} = 2,178 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}};$$

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{1,991} + \frac{1}{0,288 + 2,178} = 0,908 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}};$$

$$U = \frac{1}{0,908} = 1,102 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту для неопалюваного техпідпілля становить:

$$H_g = 0,3 \cdot (640,63 \cdot 1,102) + 106 \cdot 1,05 = 323,07 \text{ Вт/К}.$$



Будинок не має тепловтрат до суміжних будівель, тому узагальнений коефіцієнт теплопередачі до суміжних будівель  $H_A$  дорівнює 0.

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією для опалення:

$$H_{tr,adj,H} = 7838,27 + 323,07 + 0 = 8161,34 \text{ Вт/К.}$$

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією для охолодження:

$$H_{tr,adj,C} = 7865,91 + 323,07 + 0 = 8188,98 \text{ Вт/К.}$$

Результати розрахунків трансмісійних тепловтрат за формулами (3.1) та (3.2) для опалення та охолодження відповідно, зведено до таблиць 3.5 та 3.6 відповідно.

Таблиця 3.5 – Трансмісійні тепловтрати для опалення

Місяць року	$\theta_{intH},$ °C	$\theta_e, \text{ }^\circ\text{C}$	t, год	$H_{trad,H},$ Вт/К	$Q_{H,tr},$ кВт·год
Січень	20	-4,7	744	8161,34	149979,28
Лютий		-3,6	672	8161,34	129432,29
Березень		1	744	8161,34	115368,67
Квітень		9	720	8161,34	64637,80
Травень		15,2	744	8161,34	29145,77
Червень		18,3	720	8161,34	9989,48
Липень		19,8	744	8161,34	1214,41
Серпень		19,01	744	8161,34	6011,32
Вересень		13,9	720	8161,34	35844,60
Жовтень		8,1	744	8161,34	72257,22
Листопад		1,9	720	8161,34	106358,56
Грудень		-2,5	744	8161,34	136620,80

Таблиця 3.6 – Трансмісійні тепловтрати для охолодження

Місяць року	$\theta_{int,C},$ °C	$\theta_e, \text{ }^\circ\text{C}$	t, год	$H_{trad,C},$ Вт/К	$Q_{C,tr},$ кВт·год
Січень	26	-4,7	744	8188,98	187042,80
Лютий		-3,6	672	8188,98	162888,59
Березень		1	744	8188,98	152314,96
Квітень		9	720	8188,98	100233,09
Травень		15,2	744	8188,98	65800,07

## Продовження таблиці 3.6

Місяць року	$\theta_{int,C}, ^\circ C$	$\theta_e, ^\circ C$	$t, год$	$H_{trad,C}, Вт/К$	$Q_{C,tr}, кВт\cdot год$
Червень	26	18,3	720	8188,98	45399,69
Липень		19,8	744	8188,98	37774,12
Серпень		19,01	744	8188,98	42648,20
Вересень		13,9	720	8188,98	71342,37
Жовтень		8,1	744	8188,98	109057,53
Листопад		1,9	720	8188,98	142095,14
Грудень		-2,5	744	8188,98	173639,08

## 3.3.1 Розрахунок вентиляційних тепловтрат

Вентиляційні тепловтрати визначають за формулами:

- для опалення:

$$Q_{ve,H} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,H} - \theta_e) \cdot t; \quad (3.14)$$

- для охолодження:

$$Q_{ve,C} = H_{ve,adj} \cdot (\theta_{int,set,C} - \theta_e) \cdot t, \quad (3.15)$$

де:

$H_{ve,adj}$  – узагальнений коефіцієнт теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$\theta_{int,set,H}$  – задана розрахункова температура зони для опалення,  $^\circ C$ ;

$\theta_{int,set,C}$  – задана розрахункова температура зони для охолодження,  $^\circ C$ ;

$\theta_e$  – середньомісячна температура зовнішнього повітря,  $^\circ C$ ;

$t$  – тривалість розрахункового місяця, годин.

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі вентиляцією визначають за формулою:

$$H_{ve,adj} = \rho_a \cdot c_a \cdot \left( \sum_k b_{ve,k} \cdot q_{ve,k,mn} \right), \quad (3.16)$$

де:

$\rho_a \cdot c_a$  – теплоємність внутрішнього повітря об'єму, дорівнює 0,33 Вт·год/(м<sup>3</sup>·К);

$b_{ve,k}$  – температурний поправочний коефіцієнт, приймається 1;

$q_{ve,k,mn}$  – усереднена витрата повітря, м<sup>3</sup>/год.

Для природної вентиляції:

$$q_{ve,k,mn} = n_{inf,mn} \cdot V_{ve}, \quad (3.17)$$

де:

$n_{inf,mn}$  – кратність повітрообміну, год<sup>-1</sup>;

$V_{ve}$  – вентиляційний об'єм, м<sup>3</sup>.

Витрата повітря в системі вентиляції становить:

$$q_{ve,k,mn} = 0,5 \cdot 37080 = 18540 \text{ м}^3.$$

Узагальнений коефіцієнт теплопередачі вентиляцією становить:

$$H_{ve,adj} = 0,33 \cdot 1 \cdot 18540 = 6118,2 \text{ Вт/К}.$$

Результати розрахунку вентиляційних тепловтрат будівлі за місяцями зведено до таблиць 3.7, 3.8.

Таблиця 3.7 – Вентиляційні тепловтрати для опалення

Місяць року	$\theta_{intH},$ °C	$\theta_e, \text{ }^\circ\text{C}$	t, год	$H_{ve,H},$ Вт/К	$Q_{H,ve},$ кВт·год
Січень	20	-4,7	744	6118,2	112432,94
Лютий		-3,6	672	6118,2	97029,76
Березень		1	744	6118,2	86486,88
Квітень		9	720	6118,2	48456,14
Травень		15,2	744	6118,2	21849,32
Червень		18,3	720	6118,2	7488,68
Липень		19,8	744	6118,2	910,39
Серпень		19,01	744	6118,2	4506,42
Вересень		13,9	720	6118,2	26871,13
Жовтень		8,1	744	6118,2	54168,10
Листопад		1,9	720	6118,2	79732,38
Грудень		-2,5	744	6118,2	102418,67

Таблиця 3.8 – Вентиляційні тепловтрати для охолодження

Місяць року	$\theta_{intC}, ^\circ C$	$\theta_e, ^\circ C$	t, год	$H_{ve,C}, \text{Вт/К}$	$Q_{C,ve}, \text{кВт}\cdot\text{год}$
Січень	26	-4,7	744	6118,2	139744,58
Лютий		-3,6	672	6118,2	121698,34
Березень		1	744	6118,2	113798,52
Квітень		9	720	6118,2	74886,77
Травень		15,2	744	6118,2	49160,96
Червень		18,3	720	6118,2	33919,30
Липень		19,8	744	6118,2	28222,03
Серпень		19,01	744	6118,2	31863,59
Вересень		13,9	720	6118,2	53301,76
Жовтень		8,1	744	6118,2	81479,74
Листопад		1,9	720	6118,2	106163,01
Грудень		-2,5	744	6118,2	129730,31

### 3.2.2 Розрахунок загальної теплопередачі

Загальна теплопередача визначається за формулами:

- Для опалення:

$$Q_{H,ht,i} = Q_{H,tr,i} + Q_{H,ve,i}; \quad (3.18)$$

- Для охолодження:

$$Q_{C,ht,i} = Q_{C,tr,i} + Q_{C,ve,i}. \quad (3.19)$$

Результати розрахунків загальної теплопередачі зведено до таблиць 3.9-3.10.

Таблиця 3.9 – Загальна теплопередача для опалення

Місяць року	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t, год	$Q_{H,tr,i}$ кВт·год	$Q_{H,ve,i}$ кВт·год	$Q_{H,ht,i}$ кВт·год
Січень	-4,7	744	149979,28	112432,94	262412,21
Лютий	-3,6	672	129432,29	97029,76	226462,05
Березень	1	744	115368,67	86486,88	201855,55
Квітень	9	720	64637,80	48456,14	113093,94
Травень	15,2	744	29145,77	21849,32	50995,09
Червень	18,3	720	9989,48	7488,68	17478,15
Липень	19,8	744	1214,41	910,39	2124,80
Серпень	19,01	744	6011,32	4506,42	10517,74
Вересень	13,9	720	35844,60	26871,13	62715,73
Жовтень	8,1	744	72257,22	54168,10	126425,32
Листопад	1,9	720	106358,56	79732,38	186090,94
Грудень	-2,5	744	136620,80	102418,67	239039,47

Таблиця 3.10 – Загальна теплопередача для охолодження

Місяць року	$\theta_e, ^\circ\text{C}$	t, год	$Q_{C,tr,i}$ кВт·год	$Q_{C,ve,i}$ кВт·год	$Q_{C,ht,i}$ кВт·год
Січень	-4,7	744	187042,80	139744,58	326787,39
Лютий	-3,6	672	162888,59	121698,34	284586,93
Березень	1	744	152314,99	113798,52	266113,51
Квітень	9	720	100233,09	74886,77	175119,86
Травень	15,2	744	65800,07	49160,96	114961,03
Червень	18,3	720	45399,69	33919,30	79318,99
Липень	19,8	744	37774,12	28222,03	65996,15
Серпень	19,01	744	42648,20	31863,59	74511,78
Вересень	13,9	720	71342,37	53301,76	124644,13
Жовтень	8,1	744	109057,53	81479,74	190537,27
Листопад	1,9	720	142095,14	106163,01	248258,15
Грудень	-2,5	744	173639,08	129730,31	303369,40

### 3.2.3 Розрахунок теплонадходжень

#### 3.2.3.1 Сонячні теплонадходження

Сонячні теплонадходження визначають за формулою:

$$Q_{sol} = \left( \sum_k \Phi_{sol,nm,k} \right) \cdot t, \quad (3.20)$$

де:

$\Phi_{sol,nm,k}$  – тепловий потік від джерела сонячного випромінювання, Вт;

$t$  – тривалість місяця, годин.

Теплонадходження від сонця через  $k$ -тий елемент огорожувальної конструкції, Вт, визначається за формулою:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \quad (3.21)$$

де:

$F_{sh,ob,k}$  – коефіцієнт затінення еквівалентної площі;

$A_{sol,k}$  – еквівалентна площа інсоляції  $k$ -того елементу конструкції,  $m^2$ ;

$I_{sol,k}$  – кількість сонячної радіації, що сприймається поверхнею, відповідно до орієнтації та кутом нахилу,  $Вт/м^2$ ;

$F_{r,k}$  – коефіцієнт форми конструкції, для незатіненого даху приймають 1, для незатіненої стіни приймають 0,5;

$\Phi_{r,k}$  – тепловий потік внаслідок теплового випромінювання з поверхні конструкції, Вт.

Еквівалентна площа інсоляції для прозорої конструкції визначається за формулою:

$$A_{sol} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (3.22)$$

де:

$F_{sh,gl}$  – понижувальний коефіцієнт від рухомих засобів затінення, при відсутності засобів  $F_{sh,gl} = 1$ ;

$g_{gl}$  – коефіцієнт пропускання сонячної радіації світлопрозорою частиною конструкції;

$F_F$  – відношення площі обрамлення (непрозорої частини) до загальної площі світлопрозорої конструкції;

$A_{w,p}$  – загальна площа світлопрозорої конструкції, м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт пропускання сонячної радіації визначають за формулою:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n, \quad (3.23)$$

де:

$F_w$  – понижувальний коефіцієнт для нерозсіювального скління, приймають  $F_w = 0,9$ ;

$g_n$  – коефіцієнт пропускання сонячної енергії нормалізований.

Для непрозорих конструкцій:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (3.24)$$

де:

$\alpha_{s,c}$  – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорим елементом конструкції;

$R_{se}$  – тепловий опір зовнішньої поверхні, (м<sup>2</sup>·К)/Вт, приймають 0,043 (м<sup>2</sup>·К)/Вт;

$U_c$  – коефіцієнт теплопередачі непрозорого елементу конструкції, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$A_c$  – площа непрозорого елемента конструкції, м<sup>2</sup>.

Тепловий потік внаслідок випромінювання з поверхні визначають за формулою:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (3.25)$$

де:

$R_{se}, U_c, A_c$  – те саме, що у формулі (3.24);

$h_r$  – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні, Вт/(м<sup>2</sup>·К),

$\Delta\theta_{er}$  – середня різниця температур зовнішнього повітря та атмосфери, приймають  $\Delta\theta_{er} = 11$  К.

Проміжні розрахунки виконано за П.11 ДСТУ Б.А 2.2-12:2015 [4]. Загальні результати розрахунків сонячних теплонадходжень зведено до таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Результати розрахунку сонячних теплонадходжень

Місяць року	t, год	$\Phi_{solvik}$ , Вт	$\Phi_{solstin}$ , Вт	$\Sigma\Phi_{sol}$ , Вт	$Q_{sol}$ , кВт·год
Січень	744	21811,03	-1085,36	20725,68	15419,90
Лютий	672	35353,89	31,05	35384,94	23778,68
Березень	744	51558,84	1465,05	53023,89	39449,77
Квітень	720	59432,98	2447,92	61880,90	44554,25
Травень	744	76594,52	4125,26	80719,78	60055,52
Червень	720	79998,55	4538,42	84536,97	60866,62
Липень	744	78219,49	4342,72	82562,21	61426,29
Серпень	744	70417,59	3449,06	73866,64	54956,78
Вересень	720	56673,19	2088,90	58762,10	42308,71
Жовтень	744	35559,18	191,81	35750,98	26598,73
Листопад	720	16939,88	-1390,70	15549,18	11195,41
Грудень	744	14270,32	-1646,19	12624,13	9392,35

### 3.2.3.2 Внутрішні теплонадходження

Внутрішні теплонадходження визначають за формулою:

$$Q_{int} = \left( \sum_k \Phi_{int,nm,k} \cdot A_f \right) \cdot t, \quad (3.26)$$

де:

$\Phi_{int,nm,k}$  – усереднений тепловий потік від  $k$ -того джерела, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_f$  – кондиціонована площа, м<sup>2</sup>;



$t$  – тривалість періоду використання, годин/місяць.

$$\Phi_{int,nm,k} = (\Phi_{int,oc} + \Phi_{int,L} + \Phi_{int,A}) \cdot \frac{t_{гр}}{168}, \quad (3.27)$$

де:

$\Phi_{int,oc}$  – внутрішній тепловий потік від людей, Вт/м<sup>2</sup>;

$\Phi_{int,L}$  – внутрішній тепловий потік від освітлення, Вт/м<sup>2</sup>;

$\Phi_{int,A}$  – внутрішній тепловий потік від обладнання, Вт/м<sup>2</sup>;

$t_{гр}$  – графік теплонадходжень, год/тиждень.

$$\Phi_{int,nm,k} = (1,8 + 2,0 + 2,0) \cdot \frac{112}{168} = 3,867 \text{ Вт/м}^2.$$

Внутрішні теплонадходження для січня місяця:

$$Q_{int} = (3,867 \cdot 15193,6) \cdot 744 = 43708,95 \text{ кВт} \cdot \text{год};$$

Розраховані внутрішні теплонадходження зведено до таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Внутрішні теплонадходження

Місяць року	$\theta_e$ , °C	t, год	$\Sigma\Phi_{int}$ , Вт	$Q_{int}$ , кВт·год
Січень	-4,7	744	58748,59	43708,95
Лютий	-3,6	672	58748,59	39479,05
Березень	1	744	58748,59	43708,95
Квітень	9	720	58748,59	42298,98
Травень	15,2	744	58748,59	43708,95
Червень	18,3	720	58748,59	42298,98
Липень	19,8	744	58748,59	43708,95
Серпень	19	744	58748,59	43708,95
Вересень	13,9	720	58748,59	42298,98
Жовтень	8,1	744	58748,59	43708,95
Листопад	1,9	720	58748,59	42298,98
Грудень	-2,5	744	58748,59	43708,95

Розраховані загальні теплонадходження до будівлі зведено до таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Загальні теплонадходження

Місяць року	$\Sigma\Phi_{\text{int}}, \text{ ВТ}$	$Q_{\text{int}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$\Sigma\Phi_{\text{sol}}, \text{ ВТ}$	$Q_{\text{sol}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$Q_{\text{gn}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$
Січень	58748,59	43708,95	20725,68	15419,90	59128,85
Лютий	58748,59	39479,05	35384,94	23778,68	63257,73
Березень	58748,59	43708,95	53023,89	39449,77	83158,72
Квітень	58748,59	42298,98	61880,90	44554,25	86853,23
Травень	58748,59	43708,95	80719,78	60055,52	103764,47
Червень	58748,59	42298,98	84536,97	60866,62	103165,60
Липень	58748,59	43708,95	82562,21	61426,29	105135,23
Серпень	58748,59	43708,95	73866,64	54956,78	98665,73
Вересень	58748,59	42298,98	58762,10	42308,71	84607,69
Жовтень	58748,59	43708,95	35750,98	26598,73	70307,68
Листопад	58748,59	42298,98	15549,18	11195,41	53494,39
Грудень	58748,59	43708,95	12624,13	9392,35	53101,30

### 3.2.4 Енергопотреба на опалення

Енергопотреба на опалення визначається за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}, \quad (3.28)$$

де:

$\eta_{H,gn,i}$  – коефіцієнт використання надходжень до будівлі при опаленні;

Коефіцієнт використання теплонадходжень до будівлі залежить від тепло надходжень, тепловтрат будівлі, та від теплової інерції.

Проміжні розрахунки теплової інерції та часової константи для опалення виконано за П.12 ДСТУ Б.А 2.2-12:2015 [4].

Загальні результати розрахунків енергопотреби на опалення зведено до таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Розрахунки енергопотреби на опалення

Місяць року	$Q_{H,ht}$ , кВт·год	$Q_{gn}$ , кВт·год	$\eta_{Hgn}$	$Q_{H,nd}$ , кВт·год	t, год	$Q_{H,nd}$ , кВт·год
Січень	262412,21	59128,85	1,000	203285,56	744	203285,56
Лютий	226462,05	63257,73	1,000	163213,48	672	163213,48
Березень	201855,55	83158,72	0,998	118828,39	744	118828,39
Квітень	113093,94	86853,23	0,954	30225,86	264	11082,82
Травень	50995,09	103764,47	0,489	227,22		
Червень	17478,15	103165,60	0,169	0,00		
Липень	2124,80	105135,23	0,020	0,00		
Серпень	10517,74	98665,73	0,107	0,00		
Вересень	62715,73	84607,69	0,712	2445,10		
Жовтень	126425,32	70307,68	0,991	56745,95	360	27457,72
Листопад	186090,94	53494,39	1,000	132605,82	720	132605,82
Грудень	239039,47	53101,30	1,000	185939,96	744	185939,96

### 3.2.5 Енергопотреба на охолодження

Енергопотреба на охолодження визначається за формулою:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,gn} - \eta_{C,ls} \cdot Q_{C,ht}, \quad (3.29)$$

де:

$\eta_{C,ls}$  – коефіцієнт використання втрат будівлі при охолодженні.

Проміжні розрахунки теплової інерції та часової константи для охолодження виконано за П.12 ДСТУ Б.А 2.2-12:2015 [4].

Загальні результати розрахунків енергопотреби на охолодження зведено до таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Енергопотреба на охолодження

Місяць	$Q_{C,ht}$ , кВт·год	$Q_{C,gn}$ , кВт·год	$\eta_{cls}$	$Q_{C,nd}$ , кВт·год	t, год	$Q_{C,nd}$ , кВт·год
Січень	326787,39	59128,85	0,181	0,55		
Лютий	284586,93	63257,73	0,222	2,19		
Березень	266113,51	83158,72	0,312	24,60		
Квітень	175119,86	86853,23	0,494	410,98		
Травень	114961,03	103764,47	0,821	9384,65		
Червень	79318,99	103165,60	0,954	27517,10		
Липень	65996,15	105135,23	0,983	40274,59	740	40058,06
Серпень	74511,78	98665,73	0,957	27331,83		
Вересень	124644,13	84607,69	0,661	2166,83		
Жовтень	190537,27	70307,68	0,369	57,81		
Листопад	248258,15	53494,39	0,215	1,52		
Грудень	303369,40	53101,30	0,175	0,40		

### 3.2.6 Енергопотреба на ГВП

Річна енергопотреба у гарячому водопостачанні визначається за формулою:

$$Q_{DHW,nd} = c_W \cdot V_W \cdot (\theta_{W,del} - \theta_{W,0}) \cdot a_x, \quad (3.30),$$

де:

$c_W$  – питома теплоємність води,

$V_W$  – річний об'єм споживання гарячої води, м<sup>3</sup>/рік;

$\theta_{W,del}$  – розрахункова температура подавання гарячої води, °С;

$\theta_{W,0}$  – середньорічна температура холодної води, приймають 10 °С;

$a_x$  – коефіцієнт переведення, приймають  $0,278 \cdot 10^{-3}$  кВт·год/кДж.

Річний об'єм споживання гарячої води розраховують за формулою:

$$V_W = q_w \cdot n_m \cdot n_d \cdot \rho_w \cdot 10^{-3}, \quad (3.31)$$

де:

$q_w$  – середня за рік добова витрата гарячої води на одиницю споживання, (л/добу)/од, визначається за ДБН В.2.5-64:2012 [20];

$n_m$  – кількість розрахункових одиниць споживання, од;

$n_d$  – кількість діб роботи системи ГВП, діб;

$\rho_w$  – густина води (за н.у.), кг/м<sup>3</sup>.

Річний об'єм споживання гарячої води становить:

$$V_w = 100 \cdot 264 \cdot 350 \cdot 1000 \cdot 10^{-3} = 9240000 \text{ кг.}$$

Річна енергопотреба на гаряче водопостачання становить:

$$Q_{DHW,nd} = 4,19 \cdot 9240000 \cdot (55 - 10) \cdot 0,000278 = 484332,16 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

### 3.2.7 Енергоспоживання ГВП

$$Q_{DHW,use} = \frac{Q_{DHW,nd} + Q_{W,dis,ls} + Q_{W,dis,ls,col,m} + Q_{W,em,i}}{\eta_{W,gen}}, \quad (3.32)$$

де:

$Q_{DHW,nd}$  – енергопотреба на опалення, кВт·год;

$Q_{W,dis,ls}$  - втрати з трубопроводів від циркуляційного контуру до приладів водорозбору, кВт·год;

$Q_{W,dis,ls,col,m}$  – втрати циркуляційного контуру, кВт·год;

$Q_{W,em,i}$  – втрати підсистеми виділення при водорозборі, кВт·год;

$\eta_{W,gen}$  – ефективність генерування.

Втрати з трубопроводів від циркуляційного контуру до приладів водорозбору, кВт·год, визначають за формулою:

$$Q_{W,dis,ls} = \sum \psi_{W,i} \cdot L_{W,i} \cdot (\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) \cdot \frac{t_w}{1000}, \quad (3.33)$$

де:

$\psi_{W,i}$  - лінійний коефіцієнт теплопередачі циркуляційного трубопроводу, Вт/(м·К);

$L_{W,i}$  - довжина і-того трубопроводу, м;

$\theta_{W,dis,avg,i}$  - середня температура води в трубопроводах, °C;

$\theta_{amb,i}$  - температура середовища навколо трубопроводів, °C;

$t_{w,on}$  - час роботи системи ГВП (період користування), годин/рік;

Втрати циркуляційного контуру визначають за формулою:

$$Q_{W,dis,ls,col,m} = Q_{W,dis,ls,col,on} + Q_{W,dis,ls,col,off}, \quad (3.34)$$

де:

$Q_{W,dis,ls,col,on}$  – втрати контуру під час періодів циркуляції, кВт·год;

$Q_{W,dis,ls,col,off}$  – втрати контуру при відсутності циркуляції, кВт·год.

Втрати циркуляційного контуру визначають за формулами:

- під час циркуляції:

$$Q_{W,dis,ls,col,on} = \sum \psi_{W,i} \cdot L_{W,i} (\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) t_{w,on} \cdot 10^{-3}; \quad (3.35)$$

- під час відсутності циркуляції:

$$Q_{W,dis,ls,col,off} = \sum \rho_w c_w \cdot V_{W,dis,i} (\theta_{W,dis,avg,i} - \theta_{amb,i}) \frac{n_{norm}}{1000}, \quad (3.36)$$

де:

$\psi_{W,i}$ ,  $L_{W,i}$ ,  $\theta_{W,dis,avg,i}$ ,  $\theta_{amb,i}$ ,  $t_{w,on}$  - те саме, що у формулі (3.33);

$\rho_w c_w$  – теплоємність води, приймають 1150 Вт·год/(м³·К);

$V_{W,dis,i}$  -об'єм води в трубопроводі, м³;

$n_{norm}$  – кількість робочих циклів циркуляційного насоса, приймається 1 цикл/день.

Втрати при водорозборі визначають за формулою:

$$Q_{W,em,ls} = Q_{DHW,nd} \cdot \frac{\eta_{W,eq}}{100}, \quad (3.37)$$

де:

$\eta_{W,eq}$  – коефіцієнт втрат при водорозборі, для об'єкту приймається 0.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі ізолюваного трубопроводу розраховують за формулою:

$$\psi_{ins,i} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_d} \cdot \ln \frac{d_a}{d_i} + \frac{1}{h_a \cdot d_a}}, \quad (3.38)$$

де:

$\lambda_a$  – теплопровідність теплоізоляційного матеріалу, Вт/м·К;

$d_a$  – зовнішній діаметр конструкції труби з теплоізоляцією, м;

$d_i$  – внутрішній діаметр трубопроводу, м;

$h_a$  – узагальнений коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, Вт/м<sup>2</sup>·К,  
для ізольованих трубопроводів приймають  $h_a = 8$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

Лінійний коефіцієнт теплопередачі неізольованого трубопроводу розраховують за формулою:

$$\psi_{non,i} = \frac{\pi}{\frac{1}{2 \cdot \lambda_p} \cdot \ln \frac{d_{p,a}}{d_{p,i}} + \frac{1}{h_a \cdot d_{p,a}}}, \quad (3.39)$$

де:

$\lambda_p$  – теплопровідність матеріалу трубопроводу, Вт/м·К;

$d_{p,a}$  – зовнішній діаметр трубопроводу, м;

$d_{p,i}$  – внутрішній діаметр трубопроводу, м;

$h_a$  – узагальнений коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, Вт/м<sup>2</sup>·К,  
для неізольованих трубопроводів приймають  $h_a = 14$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

Результати розрахунків зведено до таблиць 3.16-3.17.

Таблиця 3.16 – Лінійні коефіцієнти теплопередачів трубопроводів ГВП у підпіллі

Матеріал	$L_i$	$d_i, d_{p,i}$	$d_a, d_{p,a}$	$\lambda_p, \lambda_d$	$h_a$	$\Psi_{Li}$
	м	м	м	Вт/м·К	Вт/м <sup>2</sup> ·К	Вт/м·К
Сталь	60,00	0,02	0,0256	0,045	8	0,21
Сталь	112,00	0,025	0,031	0,045	8	0,24
Сталь	240,00	0,032	0,0376	0,045	8	0,27
Сталь	20,00	0,038	0,0436	0,045	8	0,31
Сталь	35,00	0,045	0,0506	0,045	8	0,34
Сталь	25,00	0,057	0,0626	0,045	8	0,28
Сталь	5,00	0,076	0,081	0,045	8	0,34
Сталь	60,00	0,089	0,094	0,045	8	0,38
Сталь	75,00	0,108	0,116	0,045	8	0,43
Сталь	7,50	0,133	0,141	0,045	8	0,51
Сталь	5,00	0,159	0,167	0,045	8	0,58

Таблиця 3.17 – Лінійні коефіцієнти теплопередачі циркуляційних стояків ГВП

Матеріал	$L_i$	$d_i, d_{p,i}$	$d_a, d_{p,a}$	$\lambda_p, \lambda_d$	$h_a$	$\Psi_{Li}$
	М	м	м	Вт/м·К	Вт/м <sup>2</sup> ·К	Вт/м·К
Сталь	1162	0,0279	0,0335	0,045	8	0,25
Сталь	1051	0,0367	0,0423	0,045	8	0,30

Таблиця 3.18 – Лінійні коефіцієнти теплопередачі ділянок трубопроводів ГВП до приладів водорозбору

Матеріал	$L_i$	$d_i, d_{p,i}$	$d_a, d_{p,a}$	$\lambda_p, \lambda_d$	$h_a$	$\Psi_{Li}$
	м	м	м	Вт/м·К	Вт/м <sup>2</sup> ·К	Вт/м·К
РЕХ-с	736	0,014	0,018	0,41	14	0,73
Сталь	308	0,0218	0,0268	0,05	8	0,30

Результати розрахунків річного енергоспоживання системи ГВП зведено до таблиці 3.19.

Таблиця 3.19 – Розрахунки річного енергоспоживання системи ГВП

Місяць	$Q_{DHW,nd}$ , кВт·год	$Q_{W,em,ls,i}$ , кВт·год	$Q_{W,dis,ls,t}$ , кВт·год	$Q_{W,dis,ls,col,m}$ , кВт·год	$\eta_{H,gen}$	$Q_{DHW,use}$ , кВт·год
Січень	41135,06	0	14404,41	30722,43	0,96	89856,14
Лютий	37154,25	0	13010,44	27749,29		81160,39
Березень	41135,06	0	14404,41	30722,43		89856,14
Квітень	39808,12	0	13939,76	29731,38		86957,56
Травень	41135,06	0	14404,41	30722,43		89856,14
Червень	39808,12	0	11151,80	23924,89		78005,02
Липень	41135,06	0	11523,53	24722,39		80605,18
Серпень	41135,06	0	11523,53	24722,39		80605,18
Вересень	39808,12	0	11151,80	29731,38		84053,44
Жовтень	41135,06	0	14404,41	30722,43		89856,14
Листопад	39808,12	0	13939,76	29731,38		86957,56
Грудень	41135,06	0	14404,41	30722,43		89856,14



Річне енергоспоживання системи гарячого водопостачання визначається за формулою:

$$Q_{W,use,an} = \sum_i Q_{W,use,i}, \quad (3.40)$$

де:

$Q_{W,use,i}$  – енергоспоживання системи ГВП в  $i$ -тому місяці, кВт·год.

$$Q_{W,use,an} = 1024704,44 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Утилізаційні тепловтрати з трубопроводів визначають за формулою:

$$Q_{W,dis,rbl} = Q_{W,dis,ls} \cdot f_{W,dis,ls,rbl}, \quad (3.41)$$

де:

$f_{W,dis,ls,rbl}$  – фактор тепловтрат в підсистемі розподілення ГВП, що можуть бути утилізовані для підвищення температури приміщення, приймають, що з підсистеми розподілення ГВП може бути утилізовано 50 % тепловтрат.

Результати розрахунків утилізованих тепловтрат з трубопроводів ГВП, як теплонадходження до опалюваних приміщень зведено до таблиці 3.20.

Таблиця 3.20 – Утилізовані тепловтрати з трубопроводів ГВП

Місяць року	$t_i$ , годин	$Q_{W,dis,ls,rbl,i}$ , кВт·год
Січень	744	15004,99
Лютий	672	13552,90
Березень	744	15004,99
Квітень	720	14520,96
Травень	744	15004,99
Червень	720	11616,77
Липень	744	12003,99
Серпень	744	6195,61
Вересень	720	14520,96
Жовтень	744	15004,99
Листопад	720	14520,96
Грудень	744	15004,99

### 3.2.8 Енергоспоживання на опалення

Розрахунок енергоспоживання системи опалення виконується «протилено» потоку енергії, тобто від енергопотреби до енергоспоживання, з урахуванням втрат в підсистемах виділення, розподілення, та генерування.

В загальному вигляді енергія на виході з підсистеми виділення має дорівнювати енергопотребі на опалення:

$$Q_{H,nd,i} = Q_{H,em,out,i} \quad (3.42)$$

Для врахування утилізованих тепловтрат з трубопроводів системи ГВП як теплонадходжень, приймається коригування енергопотреби на опалення. Результати розрахунків енергопотреби на опалення з урахуванням утилізованих тепловтрат зведено до таблиці 3.21.

Таблиця 3.21 – Результати розрахунків енергопотреби на опалення з урахуванням утилізованих тепловтрат від ГВП

Місяць року	$Q_{H,ht}$ , кВт·год	$Q_{gn,cor}$ , кВт·год	$\eta_{Hgn}$	$Q_{H,nd,cor}$ , кВт·год	t, год	$Q_{H,nd,cor} = Q_{H,em,out,i}$ , кВт·год
Січень	262412,21	74133,85	1,000	188289,89	744	188289,90
Лютий	226462,05	76810,63	1,000	149688,69	672	149688,69
Березень	201855,55	98163,71	0,996	104103,54	744	104103,54
Квітень	113093,94	101374,19	0,912	20628,85	264	7563,91
Травень	50995,09	118769,46	0,428	103,22		0
Червень	17478,15	114782,37	0,152	0		0
Липень	2124,80	117139,23	0,018	0		0
Серпень	10517,74	104861,34	0,100	0		0
Вересень	62715,73	99128,65	0,621	1118,10		0
Жовтень	126425,32	85312,67	0,975	43224,83	360	20915,24
Листопад	186090,94	68015,36	0,999	118127,77	720	118127,77
Грудень	239039,47	68106,29	1,000	170944,34	744	170944,34

Енергія на вході в підсистему виділення:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,out,i} + Q_{H,em,ls,i}, \quad (3.43)$$

де:

$Q_{H,em,out,i}$  – енергія на виході з підсистеми виділення, кВт·год;

$Q_{H,em,ls,i}$  – втрати в підсистемі виділення, кВт·год.

Втрати в підсистемі виділення визначають за формулою:

$$Q_{H,em,ls,i} = \left( \frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} - 1 \right) \cdot Q_{H,em,out,i}, \quad (3.44)$$

де:

$f_{hydr}$  – фактор гідравлічного налагодження системи;

$f_{im}$  – фактор застосування періодичного теплового режиму;

$f_{rad}$  – фактор врахування променевої складової теплового потоку (для променевих систем);

$\eta_{em}$  – коефіцієнт ефективності підсистеми виділення.

Коефіцієнт ефективності підсистеми виділення розраховується за формулою:

$$\eta_{em} = \frac{1}{(4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb}))}, \quad (3.45)$$

де:

$\eta_{str}$  – складова ефективності, що враховує вертикальний профіль температури повітря в приміщенні;

$\eta_{ctr}$  – складова ефективності, що враховує регулювання температури в приміщенні;

$\eta_{emb}$  – складова ефективності, що враховує питомі втрати зовнішніх огорожень (для вбудованих систем).

Коефіцієнти ефективності та фактори для системи опалення будинку наведені у таблиці 3.22.

Таблиця 3.22 – Фактори та складові ефективності підсистеми виділення

Позначення	Значення
$f_{hydr}$	1,01
$f_{im}$	1
$f_{rad}$	1
$\eta_{str}$	0,88
$\eta_{ctr}$	0,95
$\eta_{emb}$	1

Коефіцієнт ефективності підсистеми виділення становить:

$$\eta_{em} = \frac{1}{(4 - (0,88 + 0,88 + 1))} = 0,807.$$

Результати розрахунків енергії на вході в підсистему виділення зведено до таблиці 3.23.

Таблиця 3.23 – Розрахунки енергії на вході в підсистему виділення

Місяць року	$t_{op,an,i}$	$Q_{H,em,out,i}$ кВт·год	$\eta_{em}$	$Q_{H,em,ls,i}$ кВт·год	$Q_{H,em,in,i}$ кВт·год
Січень	744	188289,90	0,807	47524,37	235814,26
Лютий	672	149688,69		37781,42	187470,11
Березень	744	104103,54		26275,73	130379,27
Квітень	264	7563,91		1909,13	9473,04
Травень	0	0		0,00	0,00
Червень	0	0		0,00	0,00
Липень	0	0		0,00	0,00
Серпень	0	0		0,00	0,00
Вересень	0	0		0,00	0,00
Жовтень	360	20915,24		5279,01	26194,25
Листопад	720	118127,77		29815,45	147943,22
Грудень	744	170944,34		43146,35	214090,69

Енергія на вході в підсистему виділення дорівнює енергії на виході з підсистеми розподілення:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,dis,out,i} \quad (3.46)$$

Енергія на вході в підсистему розподілення визначають за формулою:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,out,i} + Q_{H,dis,ls,nrvd,i} \quad (3.47)$$

де:

$Q_{H,dis,out,i}$  – енергія на виході з підсистеми розподілення у і-тому місяці, кВт·год;

$Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$  – неутилізовані тепловтрати з трубопроводів підсистеми розподілення у і-тому місяці, кВт·год.

В загальному вигляді, тепловтрати з трубопроводів визначається за формулою:

$$Q_{H,dis,ls,i} = \sum \Psi_{L,j} \cdot (\theta_{m,i} - \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i}, \quad (3.48)$$

де:

$\Psi_{L,j}$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі з трубопроводу, визначають за формулами (3.40), (3.41);

$\theta_{m,i}$  – середня місячна температура теплоносія, °С;

$\theta_{i,j}$  – температура середовища навколо трубопроводу, °С;

$L_j$  – довжина трубопроводу, м;

$t_{op,an,i}$  – кількість годин опалення, год.

Трубопроводи підсистеми розподілення розділяють на три основні складові :

$L_v$  – магістральні трубопроводи в неопалюваних приміщеннях;

$L_s$  – стояки системи опалення;

$L_a$  – горизонтальні ділянки від стояків до приладів опалення.

Результати розрахунку лінійних коефіцієнтів теплопередачі з трубопроводів зведено до таблиць 3.24-3.26.

Таблиця 3.24 – Лінійні коефіцієнти теплопередачі трубопроводів  $L_v$ 

Матеріал	$L_i$	$d_i, d_{p,i}$	$d_a, d_{p,a}$	$\lambda_p, \lambda_d$	$h_a$	$\Psi_{Li}$
	м	м	м	Вт/м·К	Вт/м <sup>2</sup> ·К	Вт/м·К
Сталь	125,48	0,0367	0,0823	0,045	8	0,299
Сталь	27	0,042	0,088	0,045	8	0,326
Сталь	580	0,0514	0,137	0,045	8	0,266
Сталь	100	0,0704	0,156	0,045	8	0,326
Сталь	50	0,0834	0,169	0,045	8	0,366
Сталь	10	0,1024	0,188	0,045	8	0,423
Сталь	20	0,033	0,078	0,045	8	0,281
Сталь	7,5	0,125	0,213	0,045	8	0,482
Сталь	5	0,151	0,239	0,045	8	0,558
Сталь	20	0,0279	0,0735	0,045	8	0,252

Таблиця 3.25 – Лінійні коефіцієнти теплопередачі трубопроводів  $L_s$ 

Матеріал	$L_i$	$d_i, d_{p,i}$	$d_a, d_{p,a}$	$\lambda_p, \lambda_d$	$h_a$	$\Psi_{Li}$
	м	м		Вт/м·К	Вт/м <sup>2</sup> ·К	Вт/м·К
Сталь	423	0,015	0,0213	0,045	8	0,187
Сталь	690,7	0,02	0,0268	0,045	8	0,219
Сталь	520	0,025	0,0335	0,045	8	0,252
Сталь	854,53	0,032	0,0423	0,045	8	0,299
Сталь	478	0,04	0,048	0,045	8	0,326
Сталь	75	0,02	0,0268	50	14	1,177
Сталь	156	0,032	0,0423	50	14	1,858

Таблиця 3.26 – Лінійні коефіцієнти теплопередачі трубопроводів  $L_a$ 

Матеріал	$L_i$	$d_i, d_{p,i}$	$d_a, d_{p,a}$	$\lambda_p, \lambda_d$	$h_a$	$\Psi_{Li}$
	м	м	м	Вт/м·К	Вт/м <sup>2</sup> ·К	Вт/м·К
РЕХ-с	3890	0,01	0,014	0,41	14	0,570
РЕХ-с	5050	0,014	0,018	0,41	14	0,735
РЕХ-с	640	0,018	0,025	0,41	14	0,964
РЕХ-с	10	0,0232	0,032	0,41	14	1,197
Сталь	165,2	0,032	0,0423	50	14	1,858
Сталь	77	0,015	0,0213	50	14	0,936
Сталь	154,3	0,02	0,0268	50	14	1,177

Неутилізовані тепловтрати з трубопроводів опалення визначають за формулою:

$$Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = Q_{H,dis,ls,nrbl,i} + (Q_{H,dis,ls,rbl,i} - Q_{H,dis,ls,rvd,i}), \quad (3.49)$$

де:

$Q_{H,dis,ls,nrbl,i}$  – неутілізаційні втрати з трубопроводів, кВт·год;

$Q_{H,dis,ls,rbl,i}$  – утилізаційні втрати з трубопроводів, кВт·год;

$Q_{H,dis,ls,rvd,i}$  – утилізовані втрати з трубопроводів, кВт·год.

Розрахунки неутілізаційних та утилізаційних тепловтрат з трубопроводів опалення зведено до таблиці 3.27.

Таблиця 3.27 – Неутілізаційні та утилізаційні тепловтрати з трубопроводів опалення

Складова			$L_v$	$L_s$	$L_a$
Місяць	$t_{op,an,i}$	$\theta_{mi}$	$Q_{H,dis,ls,l,nrbl}$	$Q_{H,dis,ls,l,rbl}$	$Q_{H,dis,ls,l,rvl}$
Січень	744	59,25	11974,85	38665,71	238931,35
Лютий	672	58	10541,47	33811,64	208936,07
Березень	744	51,5	10090,48	31031,08	191753,82
Квітень	264	44,25	2954,99	8476,74	52381,29
Травень	0	-	0,00	0,00	0,00
Червень	0	-	0,00	0,00	0,00
Липень	0	-	0,00	0,00	0,00
Серпень	0	-	0,00	0,00	0,00
Вересень	0	-	0,00	0,00	0,00
Жовтень	360	46,5	4294,24	12631,70	78056,47
Листопад	744	50,5	9529,68	29076,74	179677,16
Грудень	744	56,75	11366,99	36202,92	223712,80

Утилізовані тепловтрати з трубопроводів визначають за формулою:

$$Q_{H,dis,ls,rvd,i} = Q_{H,dis,ls,rbl,i} \cdot 0,9 \cdot \eta_{H,gn,i}, \quad (3.50)$$

де:

$\eta_{H,gn,i}$  – коефіцієнт використання надходжень при опаленні;

Результати розрахунків тепловтрат з трубопроводів опалення зведено до таблиці 3.28.

Таблиця 3.28 – Розрахунки тепловтрат з трубопроводів опалення

Місяць	$t_{op,an,i}$	$\eta_{H,gn,i}$	$Q_{H,dis,out}$	$Q_{H,dis,ls,I,rvd}$	$Q_{H,dis,ls,nrvd}$	$Q_{H,dis,in}$
Січень	744	1,00	235814,26	249798,51	39773,39	275587,66
Лютий	672	1,00	187470,11	218366,93	34922,24	222392,36
Березень	744	1,00	130379,27	199665,47	33209,91	163589,18
Квітень	264	0,91	9473,04	49958,67	13854,35	23327,39
Травень		0,43	0,00	0,00	0,00	0,00
Червень		0,15	0,00	0,00	0,00	0,00
Липень		0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
Серпень		0,09	0,00	0,00	0,00	0,00
Вересень		0,62	0,00	0,00	0,00	0,00
Жовтень	360	0,97	26194,25	79598,61	15383,80	41578,05
Листопад	744	1,00	147943,22	187734,35	30549,23	178492,46
Грудень	744	1,00	214090,69	233885,79	37396,92	251487,61

Енергія на вході в підсистему розподілення дорівнює енергії на виході з підсистеми генерування:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,gen,out,i} \quad (3.51)$$

Енергія на вході в підсистему генерування:

$$Q_{H,gen,in,i} = Q_{H,gen,out,i} + Q_{H,gen,ls,i} \quad (3.52)$$

де:

$Q_{H,gen,out,i}$  – енергія на виході з підсистеми генерування, кВт·год;

$Q_{H,gen,ls,i}$  – втрати в підсистемі генерування, кВт·год.

Втрати в підсистемі генерування визначають за формулою:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i} \cdot \frac{1 - \eta_{H,gen}}{\eta_{H,gen}}, \quad (3.53)$$

де:

$\eta_{H,gen}$  – ефективність підсистеми генерування.

Енергія на вході в підсистему генерування є енергоспоживання системи опалення:

$$Q_{H,use,i} = Q_{H,gen,in,i} \quad (3.54)$$

Результати розрахунків енергоспоживання системи опалення зведено до таблиці 3.29.



Таблиця 3.29 – Розрахунки енергоспоживання системи опалення

Місяць року	$Q_{H,gen,out}$ , кВт·год	$\eta_{H,gen}$	$Q_{H,gen,ls}$ , кВт·год	$Q_{H,gen,in}$ , кВт·год	$Q_{H,use}$ , кВт·год
Січень	275587,66	0,96	11482,82	287070,48	287070,48
Лютий	222392,36		9266,35	231658,71	231658,71
Березень	163589,18		6816,22	170405,40	170405,40
Квітень	23327,39		971,97	24299,37	24299,37
Травень	0,00		0,00	0,00	0,00
Червень	0,00		0,00	0,00	0,00
Липень	0,00		0,00	0,00	0,00
Серпень	0,00		0,00	0,00	0,00
Вересень	0,00		0,00	0,00	0,00
Жовтень	41578,05		1732,42	43310,47	43310,47
Листопад	178492,46		7437,19	185929,64	185929,64
Грудень	251487,61		10478,65	261966,26	261966,26

Річне енергоспоживання системи опалення визначають за формулою:

$$Q_{H,use,an} = \sum_i Q_{H,use,i}, \quad (3.55)$$

де:

$Q_{H,use,i}$  – енергоспоживання системи опалення в і-тому місяці, кВт·год.

Річне енергоспоживання системи опалення становить:

$$Q_{H,use,an} = 1204640,32 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розподілення енергоспоживання системи опалення на основні складові відображено на рисунку 3.9.

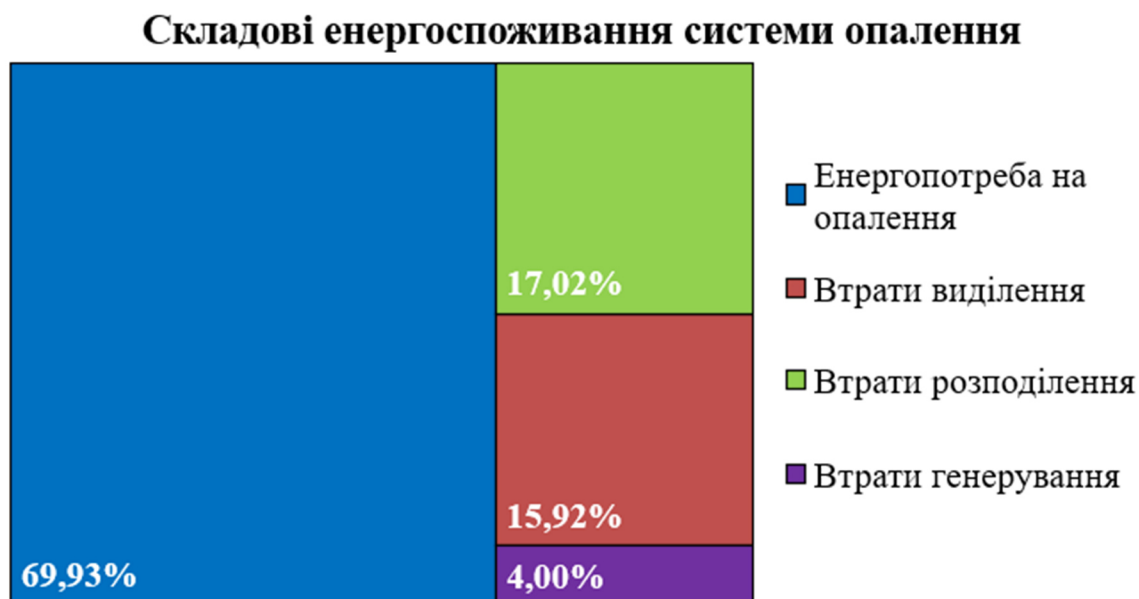


Рисунок 3.9 – Складові енергоспоживання системи опалення

### 3.2.9 Енергоспоживання на охолодження

Відповідно до застосованої Методики [10] з метою визначення енергетичної ефективності будівлі у разі відсутності системи охолодження в будівлі, розрахунок енергоспоживання системи охолодження виконується за універсальними показниками ефективності системи.

Енергоспоживання системи охолодження визначають за формулою:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,ls} + Q_{C,gen,out}, \quad (3.56)$$

де:

$Q_{C,gen,ls}$  – втрати генерування, кВт·год;

$Q_{C,gen,out}$  – енергія на виході з підсистеми, кВт·год;

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} \cdot \frac{1 - \eta_{C,gen}}{\eta_{C,gen}}, \quad (3.57)$$

де:

$\eta_{C,gen}$  – показник ефективності підсистеми виробництва/генерування, приймається 2,4.

Енергія на виході з підсистеми генерування визначається за формулою:

$$Q_{C,gen,out} = \frac{Q_{C,dis,in}}{\eta_{C,ac}}, \quad (3.58)$$

де:

$Q_{C,dis,in}$  – енергія на вході до підсистеми розподілення, кВт·год;

$\eta_{C,ac}$  – показник ефективності автоматичного управління/регулювання, приймається 0,93.

Енергія на вході до підсистеми розподілу визначається за формулою:

$$Q_{C,dis,in} = \sum_i Q_{C,dis,out,i}/1000 + Q_{C,dis,ls}, \quad (3.59)$$

де:

$Q_{C,dis,out,i}$  – енергія на виході з підсистеми розподілення, Вт·год, що приймають рівним  $Q_{C,nd,i}$  для і-того місяця;

$Q_{C,dis,ls}$  – втрати у підсистемі розподілення охолодженого повітря, кВт·год.

Енергія на вході до підсистеми розподілення в системі охолодження:

$$Q_{C,dis,in} = 40058061,49/1000 + 0 = 40058,06 \text{ кВт·год.}$$

Енергія на виході з підсистеми генерування в системі охолодження:

$$Q_{C,gen,out} = 40058,06/0,93 = 43072,18 \text{ кВт·год.}$$

Втрати підсистеми генерування:

$$Q_{C,gen,ls} = 43072,18 \cdot \frac{1 - 2,4}{2,4} = -25126,02 \text{ кВт·год.}$$

Енергоспоживання системи охолодження:

$$Q_{C,use} = 43072,18 - 25126,02 = 17947,16 \text{ кВт·год.}$$

### 3.2.10 Енергоспоживання системи освітлення

Енергоспоживання системи освітлення визначається за формулою:

$$W_{use} = W_L + W_P, \quad (3.60)$$

де:

$W_L$  – енергія для виконання функції штучного освітлення, кВт·год;

$W_p$  – енергія для аварійного освітлення та управління/регулювання освітленням, кВт·год, приймається 0, так як система регулювання/управління освітленням відсутня, а аварійне освітлення працює як робоче.

Енергія для виконання функції освітлення визначається за формулою:

$$W_L = (P_N \cdot F_C) \cdot ((t_D \cdot F_o \cdot F_D) + (t_N \cdot F_o)) \cdot \frac{A_f}{1000}, \quad (3.61)$$

де:

$P_N$  – питома потужність встановленого штучного освітлення, Вт/м<sup>2</sup>;

$F_C$  – коефіцієнт яскравості, приймається 1;

$t_D$  – час використання штучного освітлення, год;

$F_o$  – коефіцієнт використання штучного освітлення;

$F_D$  – коефіцієнт природнього освітлення;

$t_N$  – час використання природнього освітлення, год;

$A_f$  – кондиціонована площа будівлі, м<sup>2</sup>.

Енергія для виконання функції освітлення:

$$W_L = \frac{(1,018 \cdot 1) \cdot ((2250 \cdot 1 \cdot 1) + (250 \cdot 1)) \cdot 15193,6}{1000} =$$

$$= 38682,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Енергоспоживання системи освітлення дорівнює:

$$W_{use} = 38682,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

### 3.2.11 Первинна енергія

Споживання первинної енергії визначають за формулою:

$$E_p = \sum (E_{del,i} \cdot f_{p,del,i}), \quad (3.62)$$

де:

$E_{del,i}$  – поставлена енергія за окремим і-тим енергоносієм, кВт·год;

$f_{p,del,i}$  – фактор первинної енергії для і-того енергоносія.

Поставлена енергія за  $i$ -тим типом енергоносія в загальному вигляді визначається за формулою:

$$E_{del,i} = Q_{H,use} + Q_{DHW,use} + Q_{C,use} + W_{L,use} + W_{V,use}, \quad (3.63)$$

де:

$Q_{H,use}$  – енергоспоживання системи опалення, кВт·год;

$Q_{DHW,use}$  – енергоспоживання системи ГВП, кВт·год;

$Q_{C,use}$  – енергоспоживання системи охолодження, кВт·год, розрахована за вимогами Методики [10];

$W_{L,use}$  – енергоспоживання системи освітлення, кВт·год;

$W_{V,use}$  – енергоспоживання системи вентиляції, кВт·год (система відсутня в будівлі).

Перший енергоносіє – централізоване теплопостачання, відповідно до якого відбувається споживання енергії системами опалення та гарячого водопостачання.

Другий енергоносіє – невідновлювана електрична енергія. За цим видом енергії відбувається енергоспоживання системи освітлення, також енергоспоживання системи охолодження, визначене за універсальними показниками згідно з вимогами Методики [10].

Поставлена енергія першого енергоносія:

$$\begin{aligned} E_{del,1} &= Q_{H,use} + Q_{DHW,use} = 1204640,32 + 1024704,44 = \\ &= 2229344,75 \text{ кВт} \cdot \text{год}; \end{aligned}$$

Поставлена енергія другого енергоносія:

$$E_{del,2} = Q_{C,use} + W_{L,use} = 17947,16 + 38682,5 = 56629,66 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Фактори первинної енергії для наявних енергоносіїв наведено у таблиці 3.30.

Таблиця 3.30 – Коефіцієнти первинної енергії

	Енергоносіє	$f_{p,del,i}$
1	Централізоване теплопостачання	1,3
2	Електрична енергія	2,3

Споживання первинної енергії у будівлі становить:

$$E_p = 2229344,75 \cdot 1,3 + 56629,66 \cdot 2,3 = 3028396,39 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

### 3.2.12 Викиди парникових газів

Викиди парникових газів визначаються за формулою:

$$M_{CO_2} = \sum (E_{del,i} \cdot K_{del,i}) / 1000, \quad (3.64)$$

де:

$E_{del,i}$  – поставлена енергія і-того енергоносія, кВт·год, визначена у П.3.3.15;

$K_{del,i}$  – коефіцієнт викидів  $CO_2$  для і-того енергоносія, г/кВт·год, наведені у таблиці 3.31.

Таблиця 3.31 – коефіцієнти викидів

	Енергоносій	$K_{del,i}$
1	Централізоване тепlopостачання	260
2	Електрична енергія	420

Маса викидів парникових газів дорівнює:

$$M_{CO_2} = (2229344,75 \cdot 260 + 56629,66 \cdot 420) / 1000 = 603414,09 \text{ кг/рік.}$$

## 3.3 Визначення класу енергоефективності будівлі та формування енергетичного сертифікату

### 3.3.1 Розрахунок показників енергетичної ефективності

Сукупний показник питомої енергопотреби на опалення, охолодження та гаряче водопостачання визначається за формулою:

$$EN = EN_{H,nd} + EN_{C,nd} + EN_{DHW,nd}, \quad (3.65)$$

де:

$EN_{H,nd}$  – питома енергопотреба на опалення, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$EN_{C,nd}$  – питома енергопотреба на охолодження, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$EN_{DHW,nd}$  – питома енергопотреба на гаряче водопостачання, кВт·год/м<sup>2</sup>.

$$EN = 55,45 + 2,64 + 31,88 = 89,96 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Питоме енергоспоживання системи опалення, кВт·год/м<sup>2</sup>:

$$EP_{H,use} = \frac{Q_{H,use,an}}{A_f}; \quad (3.66)$$

$$EP_{H,use} = 1204640,32/15913,6 = 79,29 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Питоме енергоспоживання системи охолодження, кВт·год/м<sup>2</sup>:

$$EP_{C,use} = \frac{Q_{C,use,an}}{A_f}; \quad (3.67)$$

$$EP_{C,use} = 17497,16/15913,6 = 1,18 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Питоме енергоспоживання системи гарячого водопостачання, кВт·год/м<sup>2</sup>:

$$EP_{DHW,use} = \frac{Q_{DHW,use,an}}{A_f}; \quad (3.68)$$

$$EP_{DHW,use} = 1024704,44/15913,6 = 67,44 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Питоме енергоспоживання системи освітлення, кВт·год/м<sup>2</sup>:

$$EP_{W,use} = \frac{W_{use,an}}{A_f}; \quad (3.69)$$

$$EP_{W,use} = 38682,50/15913,6 = 2,55 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м<sup>2</sup>:

$$e_p = \frac{E_p}{A_f}; \quad (3.70)$$

$$e_p = 3028396,39/15193,6 = 199,32 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^2.$$

Питомі викиди парникових газів визначають за формулою:

$$m_{CO_2} = \frac{M_{CO_2}}{A_f}; \quad (3.71)$$

$$m_{CO_2} = 603414,09/15193,6 = 39,72 \text{ кг}/\text{м}^2.$$

Загальний показник енергоефективності  $EP$  визначають за формулою:

$$EP = EP_{H,use} + EP_{C,use} + EP_{DHW,use}, \quad (3.72)$$

де:

$EP_{H,use}$  – питоме енергоспоживання системи опалення, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$EP_{C,use}$  – питоме енергоспоживання системи охолодження, кВт·год/м<sup>2</sup>;

$EP_{DHW,use}$  – питоме енергоспоживання системи ГВП, кВт·год/м<sup>2</sup>.

$$EP = 79,29 + 1,18 + 67,44 = 147,91 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Розраховані показники енергоефективності будівлі зведено до таблиці 3.32.

Для показника питомої енергопотребы на опалення, охолодження, гаряче водопостачання існують мінімальні вимоги, що нормуються відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 «Теплова ізоляція будівель» [3].

Таблиця 3.32 – Показники енергоефективності будівлі

Назва показника	Існуюче значення, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік	Мінімальні вимоги, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання	89,96	70
Питоме енергоспоживання при опаленні	79,29	-
Питоме енергоспоживання при охолодженні	1,18	-
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	67,44	-
Питоме енергоспоживання системи вентиляції	0,00	-
Питоме енергоспоживання при освітленні	2,55	-
Питоме споживання первинної енергії	199,32	-
Питомі викиди парникових газів	39,72	-

Шкала класів енергоефективності визначається за Додатком 11 Методики [10]. Для житлових будівель шкала класів наведена у таблиці 3.33.



Таблиця 3.33 – Класифікація енергоефективності для житлових будівель

Кількість поверхів	Граничні значення для показника $EP$ , кВт·год/м <sup>2</sup>						
	A	B	C	D	E	F	G
1-3	<66	<119	<132	<165	<198	≤231	>231
4+	<44	<79	<87	<109	<131	≤153	>153

Шкалу класів енергоефективності та визначений для об'єкту дослідження клас енергоефективності наведено на рисунку 3.10. Показники первинної енергії та викидів мають окремі шкали оцінки, відображені на рисунку 3.11.

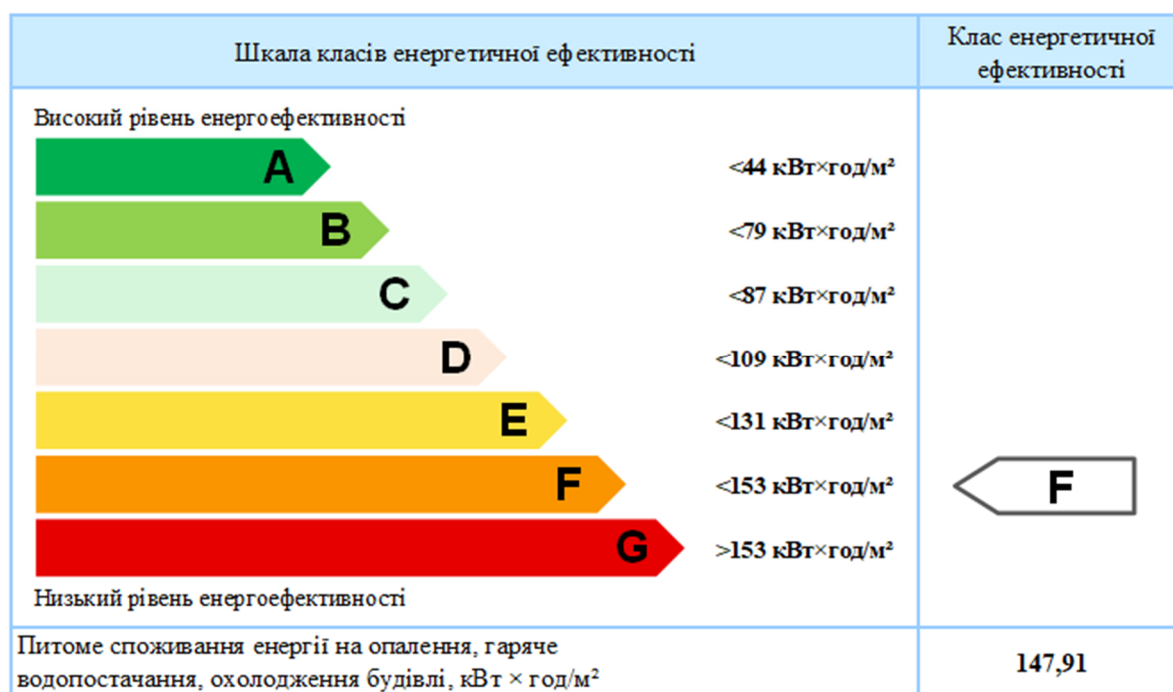


Рисунок 3.10 – Клас енергоефективності будівлі

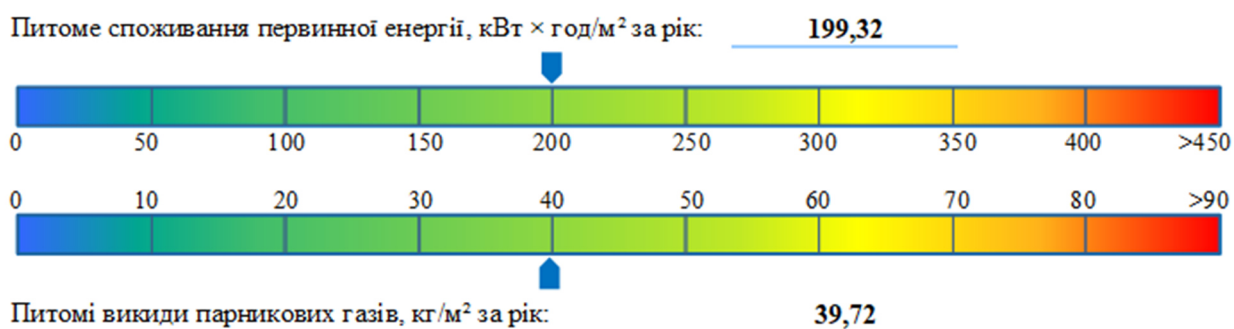


Рисунок 3.11 – Шкали показників первинної енергії та викидів

Сформований відповідно до Порядку [11] сертифікат енергоефективності будівлі наведено у додатку 1.

### **3.4 Моделювання енергетичних характеристик будівлі та показників енергоефективності в програмному продукті Audytor OZC**

Audytor OZC – програмний продукт для енергетичного моделювання будівель польського розробника SANKOM [21].

Для виконання моделювання енергетичних характеристик об'єкту дисертації було обрано даний програмний продукт, так як в його розрахунковому алгоритмі містяться українські стандарти визначення енергетичних характеристик будівель (рис.3.12).

Дане програмне забезпечення має ряд можливостей:

- створення 3D-моделі об'єкту у внутрішньому просторовому редакторі;
- деталізоване моделювання енергетичних характеристик за окремими зонами та приміщеннями будівлі;
- наявні розрахункові кліматичні дані відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [17];
- можливість врахування теплопровідних включень огорожувальних конструкцій;
- визначення проектного навантаження системи опалення відповідно до ДСТУ EN 12831 [22] та орієнтовний підбір опалюваних приладів з бази обладнання.

Також у данного ПЗ наявні функції складання енергетичного паспорту будівлі за ДСТУ-Н Б А.2.2.2-5:2007 [23].

З версії програми 7.0 наявний функціонал визначення енергоспоживання основними системами будівлі та формування сертифікату енергоефективності будівлі за формою, встановленою у Порядку [11].

В основі програмного алгоритму лежить квазістаціонарний помісячний метод визначення енергетичних характеристик за ДСТУ Б А.2.2-12:2015[4].

Диапазон расчетов

☒ Выполнять расчет проектной тепловой нагрузки ☒ Выполнять расчет сезонной потребности в тепловой энергии E

☐ Составлять энергетический паспорт здания ☐ Ориентировочный подбор отопительных приборов

☒ Разробляй энергетичний сертифікат

Нормы

Норма для расчета коэф. U: **ДСТУ ISO 6946:2007**

Норма для расчета Ф: **ДСТУ Б EN 12831**

Норма для расчета E: **ДСТУ Б А.2.2-12:2015**

Норма для климатических данных: **ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010**

Климатические данные

Климатические данные: **Київ**  $\theta_{e, \text{°C}}$  **-22**  $\theta_{m, e, \text{°C}}$  **8,0**

Метостанция: **Київ**

☒ Учитывать ветер ☒ Учитывать местонахождение помещений в здании

	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Соотношение ветров, [%]	11,2	4,6	5,8	11,9	14,1	14,0	23,5	14,9
Скорость ветра, [м/с]	3,2	2,0	1,7	2,0	2,7	3,0	3,0	2,9

Грунт

Вид грунта: **Песок или гравий** Теплоемкость: **2,000** мДж/м<sup>3</sup>·К

Глубина сезонного проникания тепла δ: **3,167** м Коэффициент теплопроводности λ<sub>g</sub>: **2,0** Вт/(м·К)

Рисунок 3.12 – Встановлення норм для розрахунків

Процес введення інформації про склад огорожувальних конструкцій представлено на рисунках 3.13-3.14. У бібліотеці матеріалів наявні характеристики матеріалів з ДСТУ Б В.2.6-189:2013 [24].

ЗСАЛІЗБЕТ

Стена наружная 42,5 см

Производитель: Вид: ☒ Неоднородная конструкция Влажностный режим: **Влажный** Каталогный номер: **198,24**  $C_{m,e1}$  кДж/(м<sup>2</sup>·К)  $C_{m,i1}$  кДж/(м<sup>2</sup>·К)

L: **1,500** м или м<sup>2</sup> G: **0,425** м

Символ	d	Этап	Описание материала	λ	ρ	c <sub>p</sub>	R	R <sub>cor</sub>	δ	μ
	м			Вт/(м·К)	кг/м <sup>3</sup>	кДж/(кг·К)	м <sup>2</sup> ·К/Вт	м <sup>2</sup> ·К/Вт	м	
Р-ЦЕМПІЩ	0,0200	С	Розчин цементно-піщаний. Густина 1800 кг/м <sup>3</sup>	0,930	1800	0,840	0,022	0,022	90,00	8,0
ЗАЛІЗБЕТОН	0,3000	С	Залізобетон, густина 2500 кг/м <sup>3</sup>	2,040	2500	0,840	0,147	0,147	30,00	24,0
В-ППС-25	0,1000	С	Вироби пінополістирольні. Густина 25 кг/м <sup>3</sup>	0,053	25	1,340	1,887	1,887	50,00	14,4
Р-СКЛАДНИЙ	0,0050	С	Розчин складний (пісок, вапно, цемент).	0,870	1700	0,840	0,006	0,006	98,00	7,3

Рисунок 3.13 – Введення складу конструкції з бібліотеки матеріалів

Символ: **В-1** Описание: ☐ Заранее определенное ☐ На заказ ☐ Изъято из производства

Производитель:  Вид: **Окно наружное** Каталогный номер:

Толщина G:  м

Коэффициент теплопередачи U: **0,673** Вт/(м<sup>2</sup>·К)

☒ Ограждение с указанными размерами

Длина L м: **1,77** Высота H м: **2,16** Поверхность A<sub>с</sub> м<sup>2</sup>: **3,82**

Стекла

Доля стекол %: **80,0** A<sub>стекло</sub> м<sup>2</sup>: **3,06**

Тип стекла: **Другие** g<sub>G</sub> (TR): **0,58**

Данные для расчета теплопоступлений от солнечной радиации.

Тип подвижного солнцезащитного оборудования: **Нет** F<sub>sh, with</sub>: **1,000** g<sub>gl+sh</sub>: **0,58**

Рисунок 3.14 – Введення характеристик вікон

Для основных инженерных систем будівлі вводяться коефіцієнти ефективності та характеристики роботи обладнання (рис.3.15-3.16)

Функциональное назначение будівлі: **Житлова** Тип будівлі: **Житлові будівлі** Кількість поверхів: **24**

Основні дані | Характеристики огорожень | **Опалення** | Вентиляція | Охолодження | Г.В. | Освітлення | Фактичне енергоспоживання | Рекомендації

Енергоносій: **Централізований: Централізоване опалення** f<sub>p, nren</sub>: **1,3** KCO<sub>2</sub> г/кВт·год: **260**

Спосіб отримання тепла: **Опалення - Централізоване тепlopостачання з якісним регулюванням зі зрізкою температурного**

Вік інсталяції: **Починаючи з 2008** Ефективність: **96,0** % П<sub>H, gen</sub>: **0,960**

Періодичного зниження температури в приміщенні: **Для періодичного теплово** f<sub>im</sub>: **1,00**

f<sub>hydr</sub>: **1,01** f<sub>rad</sub>: **1,00**

η<sub>em</sub>: **0,81** η<sub>str</sub>: **0,88** η<sub>ctr</sub>: **0,88** η<sub>emb</sub>: **1,00** П<sub>H, gn</sub>: **0,99**

t<sub>op, an</sub>: **4224** год/рік

Тип трубопроводів центрального опалення: **Ізольовані відкрито прокладені трубопрс**

θ<sub>m, V</sub>: **53,8** °C θ<sub>m, S</sub>: **53,8** °C θ<sub>m, A</sub>: **53,8** °C

θ<sub>V</sub>: **10,0** °C θ<sub>S</sub>: **20,0** °C θ<sub>A</sub>: **20,0** °C

L<sub>V</sub>: **979,9** м L<sub>S</sub>: **3197,2** м L<sub>A</sub>: **9986,5** м

Ψ<sub>L, V</sub>: **0,3** Вт/(м·К) Ψ<sub>L, S</sub>: **0,4** Вт/(м·К) Ψ<sub>L, A</sub>: **0,8** Вт/(м·К)

Рисунок 3.15 – Введення характеристик системи опалення

Функціональне призначення будівлі: **Житлова** Тип будівлі: **Житлові будівлі** Кількість поверхів: **24**

Основні дані Характеристики огорожень Опалення Вентиляція Охолодження Г.В. Освітлення Фактичне енергоспоживання Рекомендації

Енергоносії: **Централізований: Централізоване опалення**  $\Gamma_{p, \text{нелп}}$  **1,3**  $\text{KCO}_2$  **260** г/кВт год

Спосіб отримання тепла: **ГВП - Централізоване теплопостачання**

Вік інсталяції: **Починаючи з 2008** Ефективність: **96,0** %  $\eta_{\text{гвп}}$  **0,960**

$\theta_{w, \text{del}}$  **55,0** °C  $\theta_{w, 0}$  **10,0** °C  $\alpha_x$  **0,000278** кВт год/кДж

$T_w$  **32,5** °C  $c_w$  **4,176** кДж/кг·°C  $\rho_w$  **994,7** кг/м³

$q_w$  **100** л/добу  $\rho_m$  **264**  $\rho_c$  **350** дБ

Тип системи гарячого водопостачання: **3 автоматично збалансований за температурою**  $\eta_{\text{вкл}}$  **0,0**  $t_w$  **8400** год/рік

Тип будівлі: **Багатоквартирної або готелю**  $\rho_{\text{ном}}$  **350** ц/ккл

Тип труб для гарячої води: **Ізольовані відкрито прокладені трубопроводи – будівлі побудовані пі**

$\theta_{w, \text{dis, avg, V}}$ <b>50,0</b> °C	$\theta_{w, \text{dis, avg, S}}$ <b>50,0</b> °C	$\theta_{w, \text{dis, avg, A}}$ <b>50,0</b> °C
$\theta_{\text{amb, V}}$ <b>14,0</b> °C	$\theta_{\text{amb, S}}$ <b>21,0</b> °C	$\theta_{\text{amb, A}}$ <b>21,0</b> °C
$L_{w, V}$ <b>644,5</b> м	$L_{w, S}$ <b>2213,0</b> м	$L_{w, A}$ <b>1044,0</b> м
$\Psi_{w, V}$ <b>0,3</b> Вт/(м·К)	$\Psi_{w, S}$ <b>0,3</b> Вт/(м·К)	$\Psi_{w, A}$ <b>0,6</b> Вт/(м·К)
$t_{w, \text{on, V}}$ <b>8760</b> год/рік	$t_{w, \text{on, S}}$ <b>8760</b> год/рік	$t_{w, \text{on, A}}$ <b>8760</b> год/рік
$V_{w, \text{dis, V}}$ <b>6,78</b> м³	$V_{w, \text{dis, S}}$ <b>7,29</b> м³	$V_{w, \text{dis, A}}$ <b>0,91</b> м³

Рисунок 3.16 – Введення характеристик системи ГВП

На рисунку 3.17 відображено поверховий план моделювання огорожувальних конструкцій будівлі.

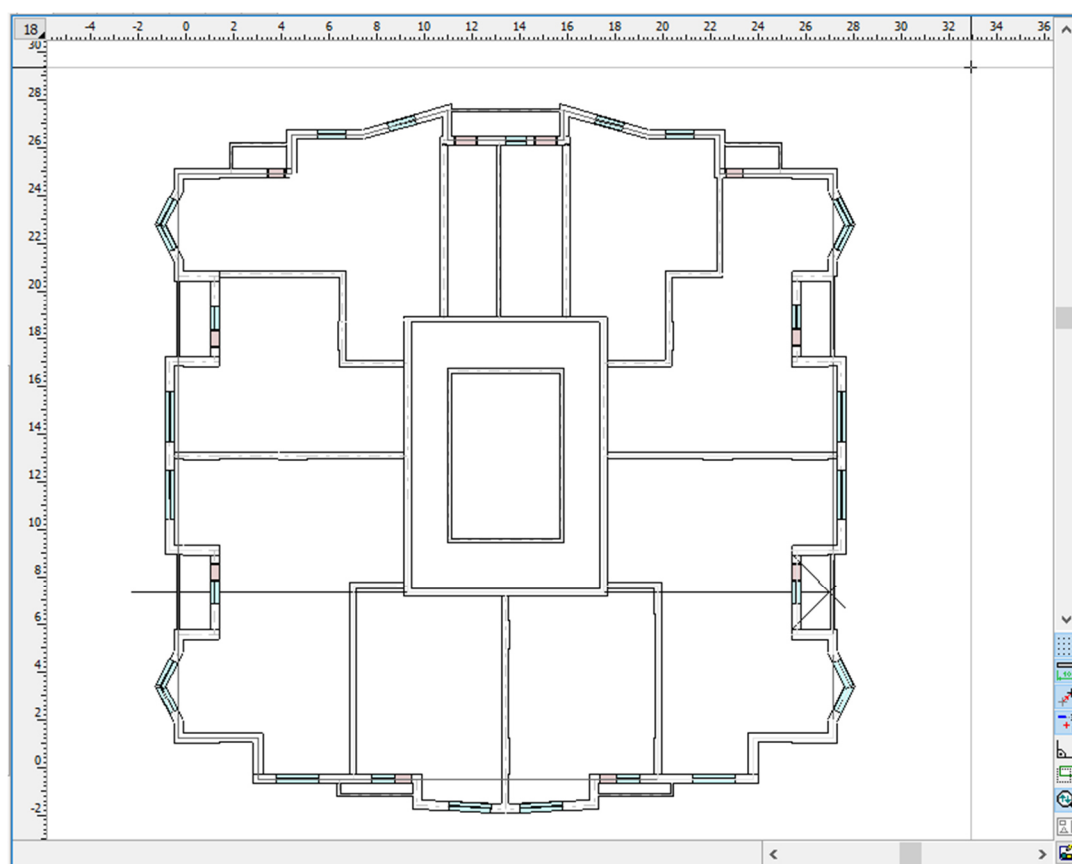


Рисунок 3.17 – Побудова моделі огорожувальних конструкцій

На рисунку 3.18 представлено сформовану модель будівлі.



Рис. 3.18 – Сформована модель будівлі

На рисунках 3.20-3.21 представлені результати визначення енергопотребы на опалення та тепловий баланс будівлі.

Місяць	$T_{em,m}$	$Q_D$	$Q_{iw}$	$Q_g$	$Q_{ve}$	$\eta_{H,gn}$	$Q_{sol}$	$Q_{int}$	$Q_{H,nd}$	$Q_{H,nd} \cdot f_{H,m}$	$C_m$	$H_{tr,adj}$	$H_{ve,adj}$	$v_H$	$a_H$	$\eta_{H,m}$	$\eta_{H,lim}$	$f_{H,m}$	$L_{H,m}$
	°C	ГДж/год	ГДж/год	ГДж/год	ГДж/год		ГДж/год	ГДж/год	ГДж/год	ГДж/год	кДж/К	Вт/К	Вт/К	ч					ч
январь	-4,7	420,14	30,32	0,00	537,70	1,000	76,32	162,09	749,75	749,75	11956849,1	6809,0	8127,7	222	15,82	0,241	1,063	1,000	744
февраль	-3,6	362,58	26,43	0,00	513,75	1,000	127,29	146,41	629,07	629,07	11956849,1	6813,7	8127,7	222	15,82	0,303	1,063	1,000	672
март	1,0	323,19	24,57	0,00	373,59	1,000	204,99	162,09	354,27	354,27	11956849,1	6833,6	8127,7	222	15,80	0,509	1,063	1,000	744
апрель	9,0	181,07	15,82	0,00	239,46	0,964	249,77	156,86	44,18	26,93	11956849,1	6905,4	8127,7	221	15,73	0,932	1,064	0,575	414
май	15,2	81,65	9,87	0,00	101,12	0,372	355,64	162,09	0,03	0,00	11956849,1	7118,3	8127,7	218	15,52	2,688	1,064	0,000	0
июнь	18,3	27,98	6,29	0,00	37,01	0,130	389,39	156,86	0,00	0,00	11956849,1	7779,3	8127,7	209	14,92	7,663	1,067	0,000	0
июль	19,8	3,40	4,84	0,00	4,21	0,023	373,81	162,09	0,14	0,00	11956849,1	15379	8127,7	141	10,42	43,04	1,096	0,000	0
Август	19,0	17,01	5,60	0,00	21,77	0,097	294,06	162,09	0,02	0,00	11956849,1	8440,5	8127,7	200	14,36	10,28	1,070	0,000	0
сентябрь	13,9	100,41	10,45	0,00	132,79	0,664	207,78	156,86	1,35	0,52	11956849,1	7011,4	8127,7	219	15,63	1,497	1,064	0,009	7
октябрь	8,1	202,42	16,80	0,00	250,70	1,000	127,11	162,09	180,78	175,88	11956849,1	6878,0	8127,7	221	15,76	0,615	1,063	1,000	744
ноябрь	1,9	297,95	22,53	0,00	394,02	1,000	63,38	156,86	494,26	494,26	11956849,1	6830,9	8127,7	222	15,80	0,308	1,063	1,000	720
декабрь	-2,5	382,72	27,94	0,00	474,01	1,000	51,36	162,09	671,22	671,22	11956849,1	6814,3	8127,7	222	15,82	0,241	1,063	1,000	744
В сезоне	8,0	2270,48	174,85	0,00	2916,02	0,942	1107,99	1265,37	3124,88	3101,89	11956849,1	6883,7	8127,7	221	15,75		1,063	0,993	4789

Рисунок 3.19 – Результати визначення енергопотребы на опалення

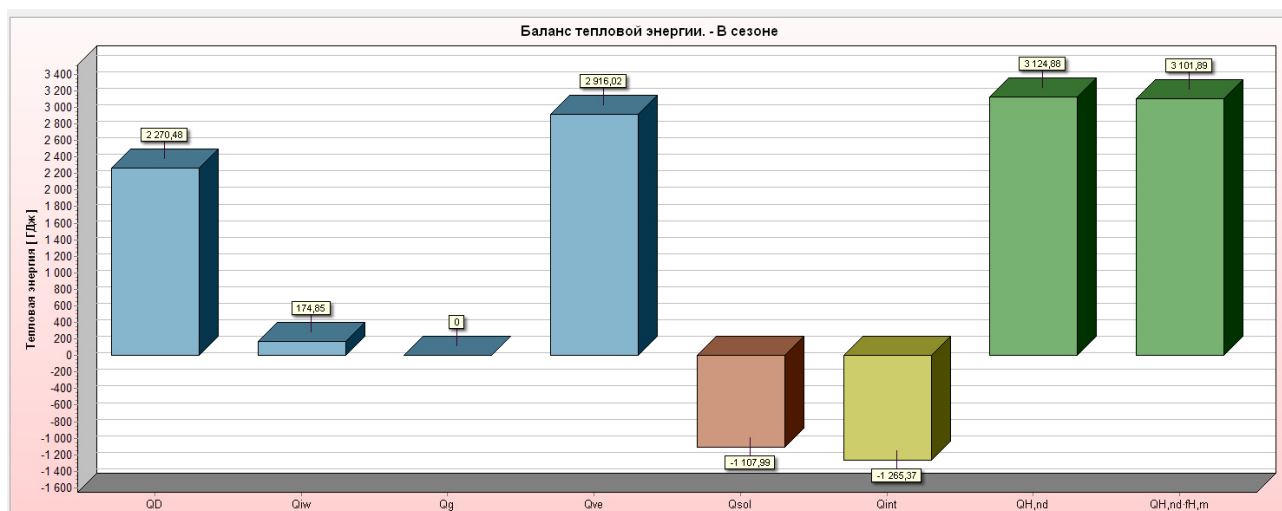


Рисунок 3.20 – Діаграма теплового балансу

Порівняння отриманих результатів наведено у таблицях 3.34-3.35.

Таблиця 3.34 – Порівняння енергопотребы на опалення

Енергопотреба на опалення		
за Audytor OZC	Розрахована	Відхилення
кВт·год	кВт·год	%
861638,89	842413,74	2,23

Таблиця 3.35 – Порівняння результатів визначення енергоспоживання

Вид	Фактичне	Розрахункове	Audytor OZC
	кВт·год	кВт·год	кВт·год
Енергоспоживання систем опалення	893102,59	1204640,32	1267380,00
Енергоспоживання систем вентиляції	0	0	0
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	-	1024704,44	1496090,00
Енергоспоживання систем охолодження	0	17947,16	0
Енергоспоживання систем освітлення	-	38682,5	42180,00

### 3.5 Економічна оцінка можливостей підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі

#### 3.5.1 Визначення економії від впровадження рекомендацій з енергоефективності

Натуральна економія від впровадження заходу з енергоефективності визначають за формулою:

$$ES = E_{\text{до}} - E_{\text{після}}, \quad (3.73)$$

$E_{\text{до}}$  – енергоспоживання системи до впровадження, кВт·год;

$E_{\text{після}}$  – енергоспоживання після впровадження, кВт·год.

Для визначення енергоспоживання після впровадження заходів, необхідно виконати перерахунок енергоспоживання з новими показниками ефективності підсистем, чи теплотехнічними характеристиками огорожувальних конструкцій.

Фінансова економія від впровадження заходу з енергоефективності як грошовий потік визначається за формулою:

$$CF = ES \cdot T, \quad (3.74)$$

де:

$CF$  – грошовий потік економії від впровадження заходу, грн/рік;

$T$  – тариф на енергоресурс, грн./кВт·год.

Результати розрахунку економії енергії від впровадження основних рекомендацій та шляхів підвищення енергоефективності розглянутих у розділі II зведено до таблиці 3.36.



Таблиця 3.36 – Розрахунки економії енергії від впровадження

	Рекомендація	Натуральна економія, кВт·год/рік	Грошова економія, грн./рік
1	Встановлення терморегуляторів	56217,30	79971,16
2	Балансування системи опалення	29579,68	42078,18
3	Теплоізоляція трубопроводів опалення	12212,85	17373,23
4	Теплоізоляція трубопроводів ГВП	18791,34	26731,37
5	Заміна дверей МЗК	25262,09	35936,25
6	Теплоізоляція перекриття підвалу	18329,86	26074,90
7	Теплоізоляція покриття	21971,87	31255,79
8	Теплоізоляція зовнішніх стін	148614,42	211409,44
9	Комплексна заміна вікон	41754,59	59397,43
10	Вентиляція з рекуперацією	333502,20	474419,07

З наведених рекомендацій з підвищення енергоефективності сформовано два пакети рекомендацій – «Мінімальний» та «Максимальний».

Пакет «Мінімальний» включає такі рекомендації:

- 1) Теплоізоляція трубопроводів опалення в підпіллі;
- 2) Встановлення автоматичних балансувальних клапанів на стояки опалення;
- 3) Встановлення термоголовок на радіаторні термостатичні клапани;
- 4) Теплоізоляція трубопроводів ГВП у підпіллі;
- 5) Заміна дверей у МЗК.

Пакет «Максимальний» включає такі рекомендації:

- 1) Всі заходи пакету «Мінімальний»;
- 2) Теплоізоляція перекриття підпілля;
- 3) Теплоізоляція покриття;
- 4) Теплоізоляція зовнішніх стін;

- 5) Комплексна заміна вікон;  
 6) Встановлення індивідуальних вентиляційних систем з рекуперацією.

Натуральна та грошова економії для пакетів заходів наведені у таблиці 3.37.

Таблиця 3.37 – Економія від впровадження пакетів заходів

	Пакет заходів	Натуральна економія, кВт·год/рік	Грошова економія, грн./рік
1	«Мінімальний»	137277,96	195282,92
2	«Максимальний»	640525,65	911171,15

Таблиця 3.38 – Зміна показників енергоефективності після впровадження

Показник	До впровадження	Пакет «Мінімальний»	Пакет «Максимальний»
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік	89,96	88,73	61,61
Питоме енергоспоживання при опаленні, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік	79,29	71,51	38,39
Питоме енергоспоживання при охолодженні, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік	1,18	1,22	1,85
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік	67,44	66,40	66,40
Питоме енергоспоживання системи вентиляції, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік	0,00	0,00	0,00
Питоме енергоспоживання при освітленні, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік	2,55	2,55	2,55
Питоме споживання первинної енергії, кВт·год/м <sup>2</sup> за рік	199,32	187,95	146,34
Питомі викиди парникових газів, кг/м <sup>2</sup> за рік	39,72	37,44	29,09

Шкала класів енергетичної ефективності	До впровадження	"Мінімальний"	"Максимальний"
Високий рівень енергоефективності			
<b>A</b> <44 кВт×год/м²			
<b>B</b> <79 кВт×год/м²			
<b>C</b> <87 кВт×год/м²			
<b>D</b> <109 кВт×год/м²			<b>D</b>
<b>E</b> <131 кВт×год/м²			
<b>F</b> <153 кВт×год/м²	<b>F</b>	<b>F</b>	
<b>G</b> >153 кВт×год/м²			
Низький рівень енергоефективності			
Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт × год/м²	147,91	139,13	106,64

Рисунок 3.21 – Клас енергоефективності будівлі до та після впровадження заходів

### 3.5.2 Аналіз інвестиційної привабливості впровадження рекомендацій

Інвестиційна оцінка впровадження рекомендацій з підвищення енергоефективності виконують за такими показниками:

- термін окупності (PB) - тривалість повернення інвестицій;
- чиста приведена вартість (NPV) - сума приведених вартостей до моменту оцінки проекту всіх вхідних і вихідних платежів (витрат та доходів) пов'язаних з інвестицією чи проектом протягом усього часу тривання. Даний показник вказує приведену вартість очікуваного прибутку від інвестиції, якщо значення додатне, або збитків, якщо від'ємне;
- коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ) - відношення NPV до загальних інвестицій;
- внутрішня норма прибутковості (IRR) - це ставка дисконту, при якій приведені доходи дорівнюють приведеним витратам (ставка дисконту, при якій NPV проекту дорівнює нулю).

Термін окупності визначається за формулою:

$$PB = \frac{IC}{CF}, \quad (3.75)$$

де:

$IC$  – первинні капітальні інвестиції, грн.

$CF$  – грошовий потік, грн.

Чиста приведена вартість визначається за формулою:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} - IC, \quad (3.76)$$

де:

$CF_i$  – грошовий потік за  $i$ -тий період, грн.;

$r$  – ставка дисконтування;

$n$  – тривалість циклу інвестиційного проекту;

$IC$  – первинні капітальні інвестиції, грн.

Коефіцієнт чистої приведеної вартості визначається за формулою:

$$NPVQ = \frac{NPV}{IC}, \quad (3.77)$$

де:

$NPV$  – чиста приведена вартість, грн;

$IC$  – те саме, що у формулі (3.76).

Внутрішня норма прибутковості вираховується з формули:

$$\sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+IRR)^i} - IC = 0, \quad (3.78)$$

Загальні результати розрахунків показників інвестиційної оцінки заходів з підвищення енергоефективності зведено до таблиці 3.41.

Показники інвестиційної привабливості для пакетів «Мінімальний» та «Максимальний» зведено до таблиці 3.42.

Таблиця 3.41 – Показники інвестиційної привабливості заходів з підвищення енергоефективності

Найменування заходу	Інвестиції	Економія	PB	NPV	NPVQ	IRR
	грн.	Грн/рік	роки	млнгрн		%
Встановлення термоголовок	418600,00	79971,16	5,23	0,58	1,380	15,4%
Балансування системи опалення	209000,00	42078,18	4,97	0,31	1,507	16,4%
Ізоляція трубопроводів опалення	293992,50	17373,23	16,92	-0,07	-0,244	0,3%
Ізоляція трубопроводів ГВП	257800,00	26731,37	9,64	0,08	0,305	6,0%
Заміна дверей МЗК	349600,00	35936,25	9,73	0,10	0,294	5,9%
Теплоізоляція перекриття підвалу	768756,00	26074,90	29,48	-0,43	-0,553	-4,1%
Теплоізоляція покриття	817700,00	31255,79	26,16	-0,41	-0,501	-3,2%
Теплоізоляція зовнішніх стін	15050411,8	211409,44	71,19	-12,01	-0,798	-9,5%
Заміна вікон	7499125,80	59397,43	126,25	-6,55	-0,873	-12,5%
Вентиляція з рекуперацією	15840000,0	474419,07	33,39	-9,54	-0,602	-5,0%

Таблиця 3.42 – Показники інвестиційної привабливості пакетів заходів

Найменування пакету	Інвестиції	Економія	PB	NPV	NPVQ	IRR
	грн.	Грн/рік	роки	млнгрн		%
«Мінімальний»	1528992,5	195 282,92	7,83	0,92	0,601	8,8%
«Максимальний»	41504986,1	911 171,15	45,55	-29,08	-0,701	-7,0%

Впровадження пакету заходів «Мінімальний» є економічно доцільним до впровадження, але не впливає на зміну класу енергоефективності будівлі.

У пакеті «Максимальний» наявні капіталомісткі рекомендації, термін окупності яких суттєво перевищує строк експлуатації обладнання та конструкцій. Заходи з даного пакету доцільно впроваджувати в рамках планового капітального ремонту будівлі після закінчення строку експлуатації конструкцій теплоізоляційної оболонки.

### **Висновки до розділу**

У даному розділі магістерської дисертації було розглянуто методи визначення і оцінки енергетичних характеристик і показників енергоефективності будівлі, оглянуто міжнародний досвід розвитку систем сертифікації енергетичної ефективності будівель.

Розраховано енергопотребу та енергоспоживання системи опалення, охолодження, гарячого водопостачання, освітлення, визначено показники енергетичної ефективності.

За розрахованими показниками було сформовано енергетичний сертифікат будівлі та визначено клас енергоефективності – F.

Виконано моделювання енергопотреби та енергоспоживання будівлі у програмному продукті Audytor OZC 7.0.

Для об'єкту дослідження було визначено економічну ефективність впровадження рекомендацій з підвищення рівня енергоефективності, сформовано дві групи заходів – пакет «Мінімальний», та пакет «Максимальний». При впровадженні пакету заходів «Максимальний» клас енергоефективності становитиме D.

## 4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ТА МОНІТОРИНГ

### 4.1 Аналіз сучасного стану системи енергоменеджменту

В загальному випадку енергетичний менеджмент – це системна управлінська діяльність, що спрямована на забезпечення оптимального використання енергоресурсів на об'єкті енергоменеджменту.

Основні завдання системи енергоменеджменту:

- Формування цілей та завдань з пов'язаних з ефективним використанням енергоресурсів;
- Комплексний контроль та моніторинг споживання енергоресурсів,
- Постійний пошук та визначення потенціалу підвищення енергоефективності;
- Планування впровадження проектів з реалізації потенціалу.

Відповідно до завдань енергоменеджменту впроваджується система моніторингу показників енергоспоживання та енергоефективності для відслідковування зміни енергоспоживання в часі, та визначення економії при впровадженні заходів з підвищення рівня енергоефективності [25].

На рисунку 4.1 відображено рівні та межі контрольованих показників енергоефективності в рамках системи енергоменеджменту [26].

Першим рівнем показників може бути загальнобудинкове споживання енергоносія, другий рівень – енергоспоживання відокремленої групи приміщень (квартири), третій рівень – енергоспоживання окремого приладу.

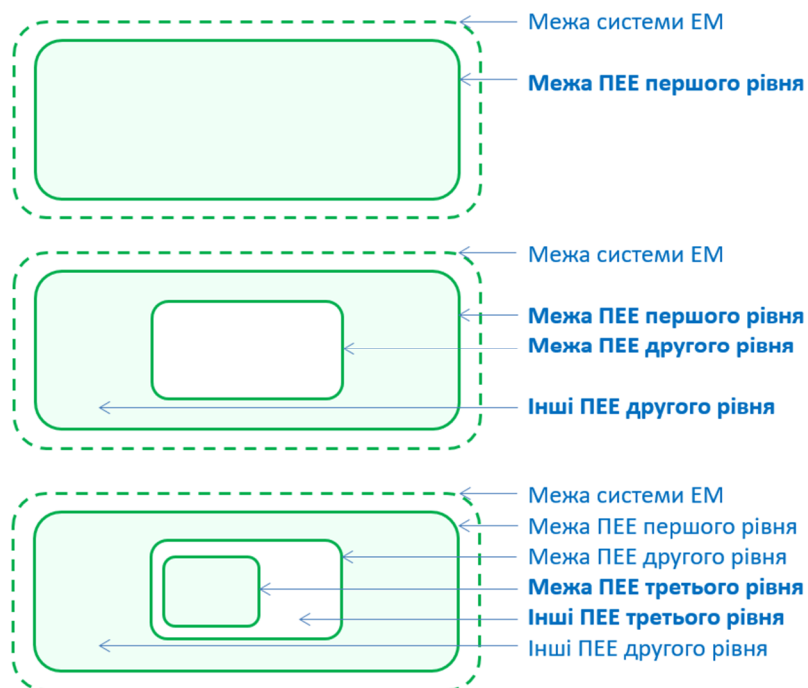


Рисунок 4.1 – Умовне представлення рівнів й меж контрольованих показників в системі енергоменеджменту

На рисунках 4.2-4.3 проілюстровано процеси моніторингу показників та досягнення цілі з підвищення рівня енергоефективності.



Рисунок 4.2 – Етапи процесу постійного моніторингу показників енергоефективності



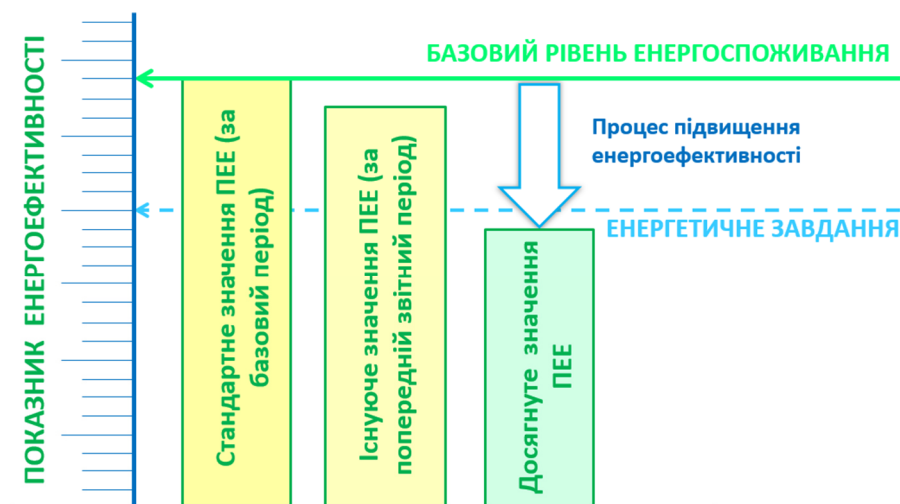


Рисунок 4.3 – Загальна ілюстрація досягнення підвищення енергоефективності [26]

## 4.2 Аналіз поточного стану енергоменеджменту та моніторингу

У будинку наявні елементи моніторингу споживання деяких енергоресурсів. Зокрема, розгалуженість встановлених засобів обліку електроенергії дозволяє виконувати помісячний моніторинг споживання електроенергії загальнобудинковим інженерним обладнанням (ліфти, освітлення МЗК, насосні водопостачання, тощо). Покази лічильників електроенергії збираються вручну.

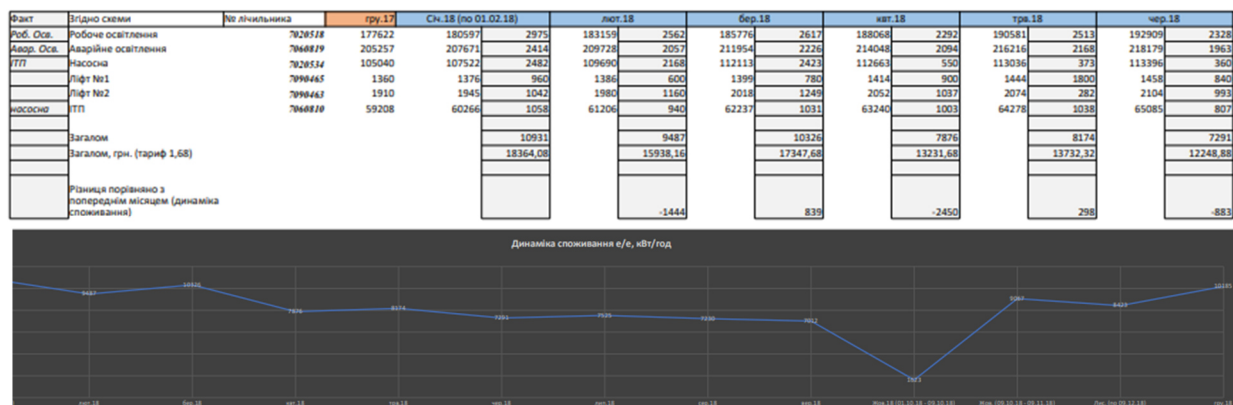


Рисунок 4.4 – Наявні таблиці збору й аналізу показів обліку електричної енергії у будівлі

Також в будинку наявні поквартирні засоби обліку енергоспоживання на опалення, за якими відбувається внутрішньобудинковий розподіл оплати за споживання теплової енергії.

### 4.3 Шляхи покращення системи енергоменеджменту та моніторингу

#### 1. Організація централізованого збору даних обліку енергоресурсів за допомогою системи M-Bus.

M-Bus – система створення мереж дистанційної реєстрації показань приладів обліку теплової енергії, води, природного газу. Система дистанційно виконує збір інформації з лічильників, та зберігає накопичену інформацію на головний пристрій (комп'ютер) [27].

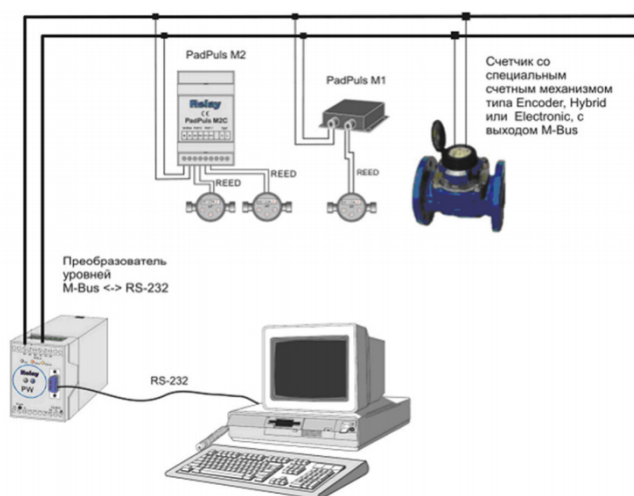


Рисунок 4.5 – Приклад схеми збору показів M-Bus

#### 2. Організація розподільного обліку споживання теплової енергії .

Прилади розподільного обліку теплової енергії (рис.4.6) дозволять максимально точно контролювати споживання теплової енергії безпосередньо з приладів опалення. При умові наявності терморегуляторів на радіаторах, з'являється можливість повноцінного індивідуального керування споживання

на опалення на рівні опалювального приладу, можливість точного визначення економії теплової енергії при індивідуальному регулюванні енергоспоживання терморегуляторами [25].

Система автоматичного збору показань з приладів розподільного обліку (рис.4.7) представляє собою поверховий концентратор даних (Unit A) та загальнобудинковий центр збору даних (Unit B) [28].



Рисунок 4.6 – Прилад розподільного обліку на радіаторі

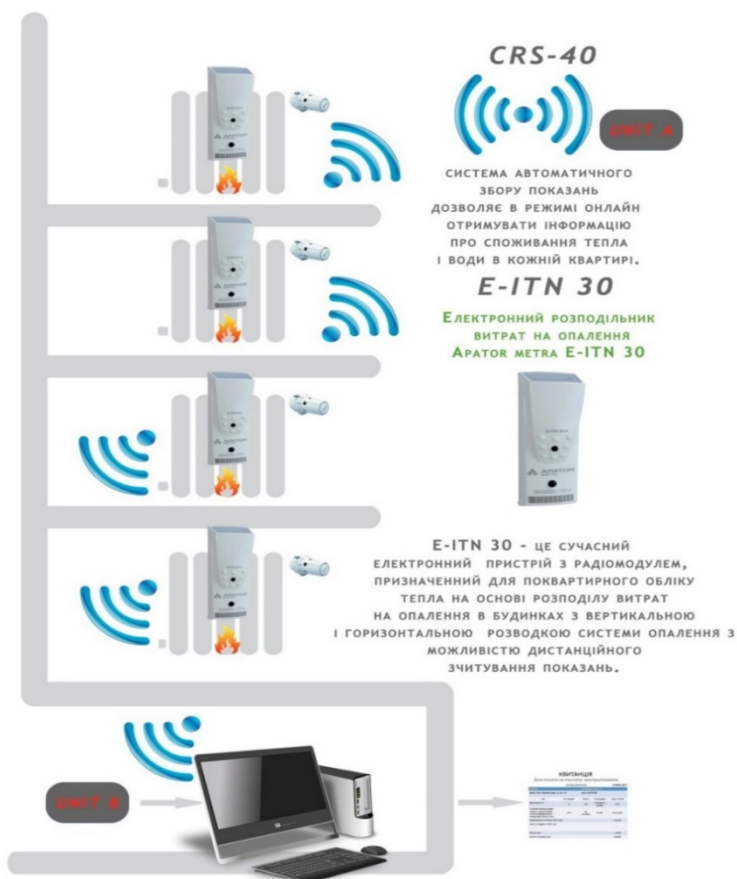


Рисунок 4.7 – Умовна ілюстрація системи розподільного обліку

#### **4.4 Огляд джерел фінансування впровадження проектів з підвищення енергоефективності в багатоквартирних будівлях**

Важливим завданням в рамках енергетичного менеджменту є фінансове планування впровадження заходів з підвищення рівня енергоефективності, пошук можливостей та інструментів залучення зовнішніх інвестицій, програм співфінансування.

Для багатоквартирних будинків існує ряд державних та регіональних програм фінансування проектів підвищення енергоефективності. Умови програм, зазвичай базуються на спільному з мешканцями фінансуванні проектів енергомодернізації будівель, або частковому відшкодуванні понесених співвласниками капітальних витрат.

##### **4.4.1 Програма Київської міської державної адміністрації «70/30»**

Програма Департаменту житлово-комунальної інфраструктури Київської міської державної адміністрації «70/30» - конкурсна програма співфінансування проектів з впровадження заходів з енергоефективності у житлових будинках в м. Київ. Співфінансування відбувається за принципом розділення інвестицій на дві окремі групи заходів у комплексному проекті за капітальними витратами: до 70% покривається даною програмою, від 30% коштів забезпечують мешканці будинку [29].

Для розрахунку співфінансування було обрано заходи пакету «Мінімальний», описаного в розділі III магістерської дисертації. В таблиці 4.1 наведені рекомендації з розділенням на дві групи, відповідно до умов програми, та розраховано розподіл інвестицій між цими групами.

Таблиця 4.1 – Розрахунок співфінансування за програмою «70/30»

<b>Повна вартість заходів, грн.</b>	<b>1640992,5</b>	<b>100%</b>
<b>Заходи, що фінансуються за рахунок коштів бюджету міста Києва</b>		
<b>Назва заходу</b>	<b>грн.</b>	<b>%</b>
Встановлення терморегуляторів	418600,0	25,5%
Встановлення автоматичних балансувальних клапанів	209000,0	12,7%
Заміна дверей МЗК	461600,0	28,1%
<b>Разом</b>	<b>1089200,0</b>	<b>66,4%</b>
<b>Заходи, що фінансуються за рахунок співвласників</b>		
<b>Назва заходу</b>	<b>грн.</b>	<b>%</b>
Теплоізоляція трубопроводів опалення	293992,5	17,9%
Теплоізоляція трубопроводів ГВП	257800,0	15,7%
<b>Разом</b>	<b>551792,5</b>	<b>33,6%</b>

#### 4.4.2 Програма «Енергодім» від Фонду енергоефективності

Програма підтримки проектів енергомодернізації житлового фонду «Енергодім» від Державного Фонду енергоефективності передбачає поетапне грантове відшкодування частини капітальних витрат на впровадження енергоефективних заходів. Ключовим принципом є часткове відшкодування вартості впровадження комплексного проекту, в якому об'єднані одразу декілька заходів [30].

Відшкодування відбувається у три етапи: перший транш – відшкодування витрат на проведений енергоаудит (70% вартості); другий транш – відшкодування вартості розробки проектно-кошторисної документації (70% вартості); третій транш – комплексне відшкодування капітальних витрат на обладнання, матеріали, монтажні та будівельні роботи, авторський нагляд, верифікаційного сертифікату тощо (40-70%) [30].

В правилах програми «Енергодім» регламентовано два пакети заходів з енергоефективності: Пакет «А» (легкий) та Пакет «Б» (комплексний). У рамках цих пакетів наявний ряд обов'язкових до впровадження заходів, також декілька додаткових [30].

Заходи з пакету «Мінімальний» відповідають пакету «А» (Легкий). Відповідно до умов впровадження даного пакету виконано розрахунок орієнтовного відшкодування витрат. Розрахунок за статтями витрат зведено до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок відшкодування за програмою «Енергодім»

Стаття витрат	Фінансові витрати	Відсоток відшкодування	Орієнтовна сума відшкодування
Енергоаудит	20000,00	70%	14000,00
Супровід проекту	55000,00	70%	38500,00
Виготовлення проектно-кошторисної документації	85000,00	70%	59500,00
Будівництво та монтаж	1640992,50	60%*	984595,50
Авторський нагляд	8000,00	70%	5600,00
Технічний нагляд	12000,00	70%	8400,00
Верифікаційний енергоаудит	20000,00	70%	14000,00
Обстеження інженерних систем	15000,00	70%	10500,00
<b>Всього:</b>	<b>1855992,50</b>		<b>1135095,50</b>
<b>Орієнтовні фактичні кап. витрати:</b>		<b>720897,00</b>	<b>грн</b>

\*Для перших 500 учасників програми "Енергодім" Фонду енергоефективності

Таким чином, при вартості впровадження пакету рекомендацій «Мінімальний» на рівні 1 640 992,5 гривень, орієнтовні фактичні капітальні витрати на впровадження рекомендацій пакету для співвласників будинку становитимуть 720 897 гривень.

## **Висновки до розділу**

У даному розділі було описано систему енергоменеджменту та моніторингу споживання енергоресурсів у будівлі.

Так як у будівлі суттєва кількість засобів обліку енергоресурсів, зокрема – поквартирні лічильники теплової енергії на опалення, розгалужений облік електроенергії до різних споживачів (робоче освітлення, аварійне освітлення, ліфти, транзити між електрощитами), було розглянуто декілька шляхів покращення процесу енергомоніторингу.

Також в рамках фінансового планування впровадження заходів з енергоефективності, було розглянуто можливі програми фінансування та відшкодування витрат на впровадження заходів з підвищення енергоефективності.

## 5 РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ «MARKET-PLACE ПЛАТФОРМА ПОСЛУГ СЕРТИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ»

У даному розділі представлено оцінювання ринкових перспектив організації market-place платформи спеціалізованих послуг у сфері енергоефективності будівель «EPB Platform», створення бізнес-моделі та підготовка стартап-проекту до інвестиційної стадії.

### 5.1 Цілі та етапи реалізації стартап-проекту

З прийняттям в Україні Закону «Про енергетичну ефективність будівель» було започатковано ринок професійних послуг з сертифікації енергоефективності будівель та обстеження інженерних систем.

В рамках комерційних відносин, що відбуваються на даному ринку, пропонується створення спеціалізованої web-платформи для послуг за принципом market-place.

Таблиця 5.1 – Основні етапи та цілі реалізації стартап-проекту

Етапи реалізації стартап-проекту	Цілі етапів реалізації стартап-проекту
Початковий етап	Дослідження потреб та запитів споживачів, суперечностей та недосконалостей діючих аналогів
Етап обґрунтування актуальності та новизни інноваційної ідеї	Задоволення нових потреб споживачів, подолання певних недоліків поточних процесів, вдосконалення діючих відносин на ринку
Етап аналізу конкурентного середовища	Виявлення можливих конкурентів, що мають схожі пропозиції та порівняльний аналіз техніко-економічних переваг та недоліків реалізації пропонованої ідеї
Етап обґрунтування ресурсного забезпечення	Визначення необхідних ресурсів, ключових процесів, обладнання та реалізації проекту
Етап фінансового забезпечення реалізації проекту	Обґрунтування собівартості та визначення підходів до монетизації платформи,
Інвестиційний етап реалізації стартап-проекту	Пошук потенційних інвесторів
Маркетинговий етап реалізації стартап-проекту	Обґрунтування каналів залучення потенційних споживачів, формування необхідних сегментів ринку



## 5.2 Обґрунтування актуальності та новизна інноваційної ідеї

Так як ринок перебуває в започаткованому стані, з'явилося багато недобросовісних виконавців, в першу чергу зацікавлених в просуванні обладнання, завищенні реальних цін на обладнання, зловживанні недосконалістю правового регулювання відповідальності виконавців за неякісність технічних рішень. Водночас, для професійного виконавця основною проблемою є пошук клієнтів для виконання.

Актуальність запропонованої ідеї полягає у необхідності підвищення рівня професійності виконання, загальної систематизації ринку, вирішення проблеми пошуку клієнтів та виконавців [31].

Загальною метою впровадження пропонованого стартап-проекту є створення доступного маркетингового каналу для виконавців послуг та створення інструменту прозорого порівняння пропозицій для замовників.

Таблиця 5.2 – Актуальність та новизна ідеї стартап-проекту [31]

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Переваги та вигоди споживача
Веб-платформа послуг за принципом Market-place	Пошук виконавців послуг сертифікації	Прозорий відкритий вибір виконавців
	енергоефективності будівлі,	Акредитовані та досвідчені виконавці
	енергетичного обстеження	Експертний супровід виконання
	інженерних систем	Ефективний маркетинговий канал
	Пошук клієнтів для фахівців з енергоефективності	

## 5.3 Аналіз конкурентного середовища

Під час аналізу конкурентного середовища, було виявлено, що прямі конкурентів за змістом та спеціалізацією пропозиції відсутні, тому для аналізу було виконано порівняння суміжних конкурентів [31].

Було визначено основні групи суміжних конкурентів:

- сайти оголошень (OLX, Prom.ua);
- сервіси пошуку спеціалістів та виконавців (Kabanchik);
- ряд ініціатив зі створення безкоштовних реєстрів енергоаудиторів.

Результати аналізу переваг ідеї стартап-проекту та порівняння з конкурентами зведено до таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Переваги ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	Стартап проект	Prom.ua	OLX	Kabanchik	«Карта енерго-аудиторів»
1.	Нішова спеціалізація	+	-	-	-	+
2.	Персональна підтримка	+	-	-	+	-
3	Охоплення цільової аудиторії	+	+	-	+	+
4	Експертний супровід для замовників	+	-	-	-	-
5	Акредитація виконавців	+	-	-	-	-

Для визначення можливих внутрішніх та зовнішніх факторів успіху реалізації стартап-проекту було виконано SWOT-аналіз стартап-проекту (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Матриця SWOT-аналізу

S (strength) – Сильні сторони	W (weaknesses) – Слабкі сторони
1. Індивідуальний підхід 2. Унікальність пропозиції 3. Професійна спеціалізація 4. Експертний супровід	1. Відсутність розуміння потенційними споживачами користі пропозиції 2. Брак ІТ-компетенції
O (opportunities) – Можливості	T (threats) – Загрози
1. Розширення на нові сегменти та ринки 2. Можливість суттєвої консолідації ринкових відносин на платформі	1. Незацікавленість з боку виконавців 2. Незацікавленість з боку замовників 3. Надмірне держрегулювання ринку 4. Загальне зниження попиту на ринку послуг

## 5.4 Обґрунтування ресурсного забезпечення

Загальні результати обґрунтування необхідних капітальних ресурсів для реалізації стартап-проекту наведено у таблиці 5.5.

Таблиця 5.5 – Обґрунтування капіталовкладень на реалізацію проекту

Статті капіталовкладень	Величина, грн.
<b>Прямі матеріальні затрати</b>	<b>182 400</b>
– витрати сировини й матеріалів за винятком повернених відходів	0
– витрати купівельних напівфабрикатів та комплектуючих виробів	0
– витрати палива й енергії	110 400
– витрати на запасні частини	0
– інші матеріальні витрати	72 000
<b>Прямі затрати на оплату праці виробничих працівників</b>	<b>912 000</b>
– заробітна плата за ставками і тарифами виробничих працівників	912 000
– премії, заохочення, компенсаційні виплати виробничих працівників	0
– оплата відпусток виробничих працівників	0
<b>Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22%)</b>	<b>200 640</b>
<b>Вартість основних фондів та нематеріальних активів виробничого призначення</b>	<b>225 000</b>
– початкова вартість задіяних у виробничому процесі основних засобів та необоротних нематеріальних активів (разом із транспортуванням, установкою та демонтажем)	225 000
<b>Інші прямі витрати:</b>	<b>134 000</b>
– витрати на дослідження та розробку інноваційних продуктів	0
– витрати на послуги сторонніх підприємств	37 000
– витрати на оплату комунальних послуг	50 000
– повернення кредитів (інвестицій) та їх обслуговування	0
– прямі інші витрати	27 000
<b>Загальновиробничі витрати</b>	<b>1 580 640</b>
– витрати на управління виробництвом	1 112 640
– витрати на основні засоби та нематеріальні активи загальновиробничого призначення	0
– витрати на вдосконалення технології й організації виробництва	276 000
– витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інше утримання виробничих приміщень	0
– витрати на охорону праці, техніку безпеки і охорону довкілля	0
– інші загальновиробничі витрати	192 000
<b>Всього капіталовкладень на реалізацію проекту</b>	<b>3 234 680</b>

## 5.5 Ключові види діяльності та ключові партнери

Опис ключових видів діяльності зведено до таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Ключові види діяльності

Назва діяльності	Опис діяльності	Результат діяльності
Розробка й підтримка web- платформи	Розробка веб-платформи, оновлення інформації, Формування бази виконавців та замовників, моніторинг	Створення системи, замовники знаходять виконавців, виконавці виконують роботу
Експертний супровід	Незалежний експертний супровід виконання послуг, методична перевірка запропонованих технічних рішень	Висвітлення непрофесійних виконавців, запобігання неякісного виконання

## 5.6 Фінансове обґрунтування стартап-проекту

### 5.6.1 Прямі матеріальні витрати

Прямі матеріальні витрати наведено у таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 – Прямі матеріальні витрати

№ п/п	Назва ресурсу	Одиниця вимір.	Ціна	Кількість ресурсу	Потреба на місяць	Потреба на рік
1.	Електроенергія	грн. за кВт·год	1,68	2500	4200	50400
2.	Комунальні послуги	грн./м <sup>2</sup>	50	100	5 000	60 000
3.	МНМА	-	6000	1	6000	72000
Всього:					15 200	182 400

### 5.6.2 Витрати на оплату праці

Для забезпечення реалізації стартап-проекту необхідно забезпечити три основних адміністративних підрозділи: експертний департамент – експертний супровід; ІТ-відділ – підтримка веб-платформи; відділ маркетингу – залучення користувачів.

Оплата праці фахівців відбувається на основі посадових окладів. Для врахування витрат на оплату праці необхідно розрахувати розмір фонд оплати праці (ФОП) підприємства, куди крім заробітної плати персоналу враховуються нарахування по зарплатні до Пенсійного фонду (22% від заробітної платні) [31].

Пряма погодинна система оплати праці для фахівця ІТ-підтримки, грн/місяць, визначають за формулою:

$$ЗП_{\text{погод}}^{\text{пряма}} = ТС \cdot t, \quad (5.1)$$

де:

$t$  – кількість відпрацьованих працівником годин, год,

$ТС$  – тарифна ставка оплати праці, грн/год.

Тарифну ставку для ІТ-фахівця було прийнято на рівня 1000 грн/год;

Заробітна плата ІТ-фахівця за місяць:

$$ЗП_{\text{погод}}^{\text{пряма}} = ТС \cdot t = 1000 \cdot 400 = 40000 \text{ грн.}$$

Іншою формою оплати праці є пряма відрядна система.

Пряма відрядна система оплати праці для технічного експерта, грн/місяць, визначають за формулою:

$$ЗП_{\text{відрядна}}^{\text{пряма}} = \sum_{i=1}^n P_i \cdot Q_i, \quad (5.2)$$

де:

$P_i$  – розцінка виконання  $i$ -тої операції, виду робіт, грн/од;

$Q_i$  – обсяг виконаних робіт або одиниць продукції, од.

Оплата за виконання операції експертного супроводу складає 900 грн/од.

Розрахунковий обсяг робіт на місяць складає 20 од/місяць.

Заробітна плата технічного експерта за місяць:

$$ЗП_{\text{відрядна}}^{\text{пряма}} = P_{\text{те}} \cdot Q_{\text{те}} = 900 \cdot 20 = 18000 \text{ грн.}$$

Структура персоналу та загальний фонд оплати праці зведено до таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 – Структура персоналу та ФОП, тис. грн.

№ П/П	Посада	Форма оплати	Кількість працівників	Заробітна плата (грн.)		
				за місяць	за квартал	за рік
Адміністративно-технічний персонал						
2.	Фахівець ІТ-підтримки	Ставка	2	40 000	120 000	480 000
4.	Менеджер з маркетингу	Ставка	2	36 000	108 000	432 000
Всього:				76 000	228 000	912 000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %):				16 720	50 160	200 640
ФОП:				92 720	278 160	1 112 640
Виробничий персонал						
1.	Директор експертного департаменту	Відрядна	1	30 000	90 000	360 000
	Технічний експерт	Відрядна	4	72 000	216 000	864 000
Всього:				102 000	306 000	1 224 000
Соціальні відрахування до Пенсійного фонду (22 %):				22 440	67 320	269 280
ФОП:				124 440	373 320	1 493 280

### 5.6.3 Обґрунтування вартості задіяних основних фондів та амортизаційних відрахувань

Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань наведені у таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 – Обґрунтування вартості амортизаційних відрахувань основних фондів на рік

Назва об'єкта основних фондів	Кількість, шт	Вартість на початку року, грн	Річна норма амортизації, %	Амортизаційні відрахування в поточному році, грн				
				I кварт.	II кварт.	III кварт.	IV кварт.	За рік
Комп'ютери	10	200 000	4	2000	2000	2000	2000	8000
МНМА		25000	4	250	250	250	250	1000
Всього				2250	2250	2250	2250	9000

### 5.6.4 Інші прямі витрати

Обґрунтування прямих інших витрат наведено в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 – Обґрунтування прямих інших витрат

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		за місяць	за рік
1. Реклама	Розрахунки	34 000	408 000
2. Транспортні витрати	Розрахунки	27 000	324 000
3. Охорона	Розрахунки	3 000	36 000
4. Оренда	Розрахунки	50 000	600 000
Всього:		<b>134 000</b>	<b>1 363 8000</b>

### 5.6.5 Загальновиробничі витрати

Загальновиробничі витрати зведено до таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Загальновиробничі витрати

Види послуг	Джерело даних	Вартість послуг, грн.	
		на місяць	на рік
1. Вдосконалення технологій	розрахунок	23000	276000
2. Інші витрати	розрахунок	16000	192000
Всього:		<b>39 000</b>	<b>468 000</b>

### 5.6.6 Умовно-змінні витрати

Умовно-змінні витрати наведені у таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Умовно-змінні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати (грн.)	
		на 1 од.	на рік
1. Прямі матеріальні витрати	табл. 5.7	9,12	182400
2. ФОП виробничих працівників	табл. 5.8	74,66	1493280
3. Транспортні витрати	табл. 5.10	16,2	324 000
Всього:		<b>99,98</b>	<b>1 676 004</b>

### 5.6.7 Умовно-постійні витрати

Умовно-постійні витрати наведені у таблиці 5.13.

Таблиця 5.13 – Умовно-постійні витрати

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, грн	
		на 1 од.	на рік
1. ФОП адміністративно-технічного персоналу	табл.5.8	55,63	1112640
2. Амортизаційні відрахування	табл. 5.9	0,45	9000
5.Реклама	табл. 5.10	20,4	408000
всього:		<b>76,48</b>	<b>1529640</b>

### 5.6.8 Накладні витрати

Накладні витрати наведені у таблиці 5.14.

Таблиця 5.14 – Розрахунок накладних витрат підприємства

Показники	Джерела даних	На одиницю	На рік
1.Умовно-постійні витрати, тис. грн.	табл. 5.13	76,48	1529640
2.Частка випуску продукції у загальному обсягу виробництва, %	90%		
3.Накладні витрати, тис. грн.	ряд.1 * ряд.2 / 100%	68,83	1376676

### 5.6.9 Обґрунтування собівартості інноваційної ідеї стартап-проекту

Обґрунтування собівартості послуги наведено в таблиці 5.15.

Таблиця 5.15 – Обґрунтування собівартості товару (послуги)

Статті витрат	Джерела даних	Витрати, тис.грн	
		на одиницю	на рік
1.Умовно-змінні витрати	табл. 5.12	99,98	1676004
2. Умовно-постійні (накладні) витрати	табл. 5.14	68,83	1376676
3. Собівартість	ряд.1+ряд.2	<b>168,81</b>	<b>3052680</b>



## 5.7 Обґрунтування рівня рентабельності

Обґрунтування рівня рентабельності послуги наведено в таблиці 5.16.

Таблиця 5.16 – Обґрунтування рівня рентабельності товару (послуги)

Статті витрат	Джерело даних	Од. вимір.	Значення показників.
<b>1. Собівартість одиниці продукції</b>	<b>табл. 5.15</b>	<b>грн.</b>	<b>168,81</b>
Обсяг виробництва в рік	Прогноз		20000
<b>2. Необхідний прибуток</b>	<b>пп.2,1+2,2+2,3+2,4+2,5+ 2,6+2,7</b>	<b>грн.</b>	<b>1 811 968,42</b>
2.1. Кредитні засоби та їх обслуговування	Кредитна угода	грн.	600 000
2.2. Засоби ФРВ	Колективна угода	грн.	150 000
2.3. Засоби ФСР	Колективна угода	грн.	100 000
2.4. Засоби ПФ	Колективна угода	грн.	120 000
2.5. Грошові виплати власникам підприємства	Колективна угода	грн.	500 000
2.6. Фінансовий резерв	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.05/0.95$	грн.	77 368,42
2.7. Податок на прибуток	$(2.1+2.2+2.3+2.4+2.5)*0.18$	грн.	264 600
<b>3. Необхідний рівень рентабельності продукції</b>	<b>п.2 / п.1*100%</b>	<b>%</b>	<b>53,67%</b>

## 5.8 Обґрунтування вартості виробництва

При визначенні вартості виробництва необхідно врахувати собівартість та нормальний прогнозований прибуток від реалізації.

Для визначення ціни необхідно додати до вартості ПДВ – податок на додану вартість. Розмір ПДВ становить 20% доданої вартості товару (послуги) [31].

Результати обґрунтування вартості виробництва та ціни одиниці наданої послуги зведено до таблиці 5.17.

Таблиця 5.17 – Обґрунтування вартості та ціни

Статті витрат	Джерело даних	Одиниці вимірювання	Значення показників
1. Собівартість одиниці товару (послуги)	табл. 5.15	грн.	168,81
2. Норма рентабельності	табл. 5.16	%	53,67
3. «Нормальний» питомий прибуток	п.1 * п.2 / 100%	грн.	90,6
4. Вартість виробництва одиниці продукції	п.1 + п.3	грн.	259,41
5. ПДВ	п.4*0,2	грн.	51,882
6. Відпускна ціна товару (послуги)	п.4+п.5	грн.	311,292

### 5.9 Цільові групи потенційних споживачів

Вибір цільових груп потенційних споживачів, аналіз попиту, інтенсивності конкуренції та простоти входу у сегмент зведено до таблиці 5.18.

Таблиця 5.18 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис цільової групи потенційних клієнтів	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
	Фахівці-енергоаудитори	Низький	Низька	Легкий рівень
	ОСББ	Високий	Низька	Середній рівень
	Будівельні компанії	Середній	Низька	Високий рівень складності
<i>Цільові групи: (обладнання, технології, продукти особливого споживчого попиту)</i>				

Для обраних цільових груп розглянуто базові стратегії розвитку проекту (табл. 5.19).

Таблиця 5.19 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентні позиції відповідно до обраної стратегії	Базова стратегія розвитку
Ринкові можливості посилення ідеї стартап-проекту	Диференційований маркетинг	Дешевий маркетинговий канал для виконавців, порівняльний вибір професійних виконавців для замовників	Стратегія диференціації

### 5.10 Канали збуту

Для визначених сегментів споживачів було розглянуто можливі канали збуту пропозиції проекту, проаналізовано специфіку закупівельної політики споживачів, функції збуту, обрано оптимальні стратегії. Результати формування системи збуту зведено до таблиці 5.20.

Таблиця 5.20 – Формування системи збуту

п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Оптимальна система збуту
	Закупівля на основі порівняння ціни послуги	Встановлення контактів, проведення зустрічей, консультацій, переговорів	Власна система збуту

## 5.11 Бізнес-модель проекту

Таблиця 5.21 – Структура бізнес моделі

Ключові партнери -КБ «Укргазбанк» -Асоціація енергоаудиторів України -GIZ	Ключові види діяльності -Market place- платформа -Експертний супровід	Цінність пропозиції Для виконавців послуг: Полегшення пошуку клієнтів чи отримання замовлень Для споживачів послуг: Прозорий відкритий вибір виконавців Повноцінне порівняння пропозицій за багатьма факторами Незалежний експертний супровід споживачів	Взаємовідносини з клієнтами Пряма взаємодія, Персональні консультації та підтримка під час вибору виконавця чи замовлення Експертний супровід для попередження зловживань під час виконання	Споживчі сегменти  Цільові сегменти сторони споживачів послуг: <b>Будівельні компанії ОСББ</b>  Цільові сегменти сторони виконавців: <b>Енергоаудитори</b> (з атестатами нового зразка) Проектувальники
	Ключові ресурси Веб-платформа Людські ресурси (ІТ-підтримка системи) Людські ресурси (Профільні експерти)		Канали збуту Інтернет-реклама «Холодні» продажі по реєстру енергоаудиторів Участь у профільних виставках, форумах	
Структура собівартості  1.Витрати постійні: <b>1 529 640</b> 2.Витрати змінні: <b>1 676 004</b>			Потоки надходження доходу Комісія з першого договору про надання послуг Оплата за експертний супровід Абонентська плата за користування платформою	

### Висновок до розділу

У даному розділі було виконано оцінювання ринкових перспектив організації market-place платформи спеціалізованих послуг у сфері енергоефективності будівель. Було проаналізовано конкурентне середовище, обрано цільових споживачів послуг, розраховано ряд економічних показників ефективності даного проекту. Як результат виконання даного аналізу, було сформовано бізнес-модель проекту. Комерціалізація проекту з точки зору ринкових можливостей та проведеної оцінки є доцільною та інвестиційно привабливою.

## ВИСНОВКИ

В першому розділі магістерської дисертації було описано загальну інформацію про об'єкт дослідження – розташування, функціональне призначення, організаційна форма. Також було проаналізовано споживання теплової та електричної енергії.

В другому розділі було виконано аналіз технічного стану огорожувальних конструкцій будинку, системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції, електропостачання, освітлення.

Для огорожувальних конструкцій та розглянутих інженерних систем було розглянуто основні можливості та шляхи підвищення енергоефективності.

В третьому розділі магістерської дисертації було проаналізовано спеціальну літературу та нормативно-правові документи у сфері енергоефективності будівель, оглянуто методи оцінки енергетичних характеристик та показників енергоефективності будівлі, описано міжнародний досвід розвитку сертифікації енергоефективності будівель.

Було сформовано розрахункову модель будинку в програмному середовищі MS Excel за Методикою визначення енергетичної ефективності будівель.

За розрахованими показниками було сформовано енергетичний сертифікат будівлі та визначено клас енергоефективності – F.

Виконано моделювання енергопотреби та енергоспоживання будівлі у програмному продукті Audytor OZC 7.0.

Для об'єкту дослідження було визначено економічну ефективність впровадження рекомендацій з підвищення рівня енергоефективності, сформовано дві групи заходів – пакет «Мінімальний», та пакет «Максимальний». При впровадженні пакету заходів «Максимальний» клас енергоефективності становитиме D. Як результат, для підвищення класу енергетичної ефективності необхідно впровадити капіталомісткі заходи, такі як теплоізоляція огорожувальних конструкцій, комплексна заміна вікон,

організація індивідуальної вентиляції з рекуперацією, але, зважаючи на суттєвий термін окупності, наразі впровадження є інвестиційно недоцільним.

В четвертому розділі було описано систему енергетичного менеджменту та моніторингу будівлі, запропоновано шляхи покращення енергомоніторингу.

Також було виконано огляд державних та регіональних програм співфінансування проектів енергомодернізації багатоквартирних будівель, визначено орієнтовний рівень часткового відшкодування капітальних витрат, відповідно до розглянутих програм.

В п'ятому розділі було виконано оцінку ринкових перспектив впровадження market-place платформи спеціалізованих послуг у сфері енергоефективності будівель, здійснено аналіз конкурентного середовища, цільових споживачів, розраховано показники собівартості, потенційної рентабельності, сформовано бізнес-модель проекту.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Про деякі питання нарахування (визначення) плати за теплову енергію та послуги з централізованого опалення, централізованого постачання гарячої води для споживачів у зв'язку із зміною ціни природного газу: Постанова Кабінету міністрів України від 24.12.2019 р. № 1082. Офіційний вісник України. 2020. № 2. С. 254.
2. Тарифи на теплову енергію [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://kte.kmda.gov.ua/tarufu/>
3. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2016. – [Чинні від 2016–10–08, на заміну ДБН В.2.6–31:2006. ] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2016. – 33 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні / ДСТУ-Н Б А.2.2-12: 2015 [Національний стандарт України] – К.: Мінрегіон України, 2015, - 199 с.
5. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинні від 2014–01–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2013. – 149 с. – (Державні будівельні норми України).
6. Про встановлення тарифів на електроенергію, що відпускається населенню: Постанова НКРЕКП від 26.02.2015 р. № 220. Офіційний вісник України. 2015. № 15/1. С. 399.
7. Про затвердження Методики обчислення плати за перетікання реактивної електроенергії: Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України від 06.02.2018 р. № 87. Офіційний вісник України. 2018. № 33. С. 172.
8. В.В. Прокопенко, О.М. Закладний, П.В. Кульбачний Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник. – К.: Освіта України, 2009. – 438 с.
9. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. №2118-VIII. Голос України. 2017. 22 липня. (№134).

10. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. № 169. Офіційний вісник України. 2018. № 55. С. 301.
11. Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. № 172. Офіційний вісник України. 2018. № 55. С. 334.
12. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Official Journal of the European Communities. – 2010, L153. – p. 13-35.
13. Directive 2002/91/EC of the European parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, Official Journal of the European Communities – 04.01.2003. – p. 65 – 71
14. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]. – На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.
15. ДСТУ Б EN 15603:2013. Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки [Текст]. – Уведено вперше; чинний з 01.01.2014. – К. : Укрархбудінформ, 2013. – 84 с.
16. ДСТУ Б EN 15217:2013 Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT).
17. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель
18. ENERFUND project [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://app.enerfund.eu/>
19. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинні від 2011-11-01] // Мінрегіонбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).



20. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво: ДБН В.2.5.-64:2012 – [Чинні від 2013–03–01, Уведено вперше] // Мінрегіон України. – К.: Укрархбудінформ, 2012. –122 с. – (Державні будівельні норми України).
21. Audytor OZC [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://ua.sankom.net/programs/audytor-ozc>
22. ДСТУ EN 12831-1:2017 Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження, Модуль М3-3 (EN 12831-1:2017, IDT)
23. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007– [Чинний від 2008-02-05] К: Мінбуд, 2007.
24. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Текст]. – Уведено вперше; чинний з 01.01.2014. – К. : Укрархбудінформ, 2013. – 55 с.
25. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. (ISO 50001:2011, IDT) (ISO 50001:2011(E) «Energy management systems — Requirements with guidance for use»). ДСТУ ISO 50001:2014. – [Чинний від 2015-01-01] // Мінекономрозвитку України. – К.: Мінекономрозвитку України, 2015. – 27 с. – (Національний стандарт України).
26. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT)
27. M-Bus: The Standard for Remote Reading of Smart Meters <https://m-bus.com/>
28. ELECTRONIC HEATING COST ALLOCATOR [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.apator.com/en/offer/water-and-heat-metering/heating-cost-allocator/heating-cost-allocator-e-itn-30-6>
29. Конкурс проектів з реалізації енергоефективних заходів у житлових будинках міста Києва «70/30» [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://dzki.kyivcity.gov.ua/content/konkurs-proektiv-energozberezhennya-u-budynkah-osbbzhbk.html>

30. Програма «Енергодім» Фонду енергоефективності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://eefund.org.ua/programa-energodim>

31. Стартап-проект: Рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації «Розроблення стартап-проекту» / П.В Круш, Н.А. Шевчук, О.І. Андрусь / КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні тестові дані. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 50 с.

## ДОДАТКИ

## Додаток 1 – Сертифікат енергоефективності будівлі

## ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі:

м. Київ

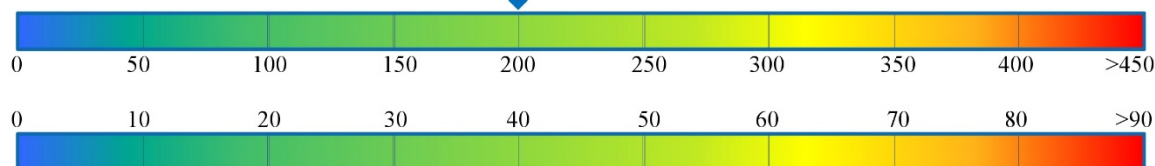
Функціональне призначення та назва:

Багатоквартирний житловий будинок

Відомості про конструкцію будівлі:

опалювана площа, м <sup>2</sup> :	15194	опалюваний об'єм, м <sup>3</sup> :	49941
кількість поверхів:	24	рік прийняття в експлуатацію:	2012

Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
<p>Високий рівень енергоефективності</p> <p><b>A</b> &lt;44 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>B</b> &lt;79 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>C</b> &lt;87 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>D</b> &lt;109 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>E</b> &lt;131 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>F</b> &lt;153 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>G</b> &gt;153 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p>Пизький рівень енергоефективності</p>	<p><b>F</b></p>
Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт × год/м <sup>2</sup>	147,91

Питоме споживання первинної енергії, кВт × год/м<sup>2</sup> за рік: 199,32Питомі викиди парникових газів, кг/м<sup>2</sup> за рік:

39,72

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора

-

# ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі: **м. Київ**

Функціональне призначення та назва: **Багатоквартирний житловий будинок**

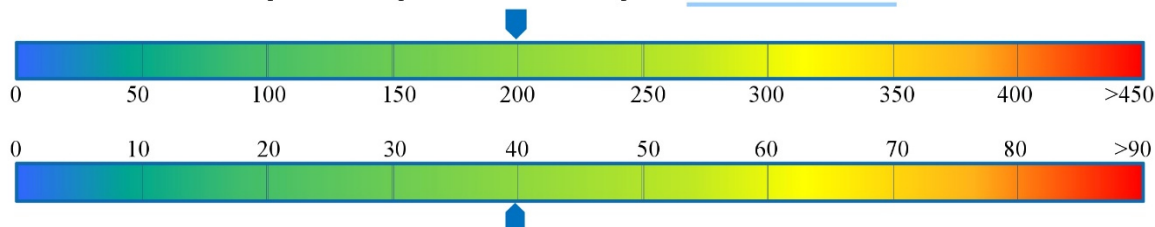
Відомості про конструкцію будівлі:

загальна площа, м<sup>2</sup>: **15 268**  
 загальний об'єм, м<sup>3</sup>: **50 145**  
 опалювана площа, м<sup>2</sup>: **15 194**  
 опалюваний об'єм, м<sup>3</sup>: **49 941**  
 кількість поверхів: **24**  
 рік прийняття в експлуатацію: **2012**  
 кількість під'їздів або входів: **1**



Шкала класів енергетичної ефективності	Клас енергетичної ефективності
<p>Високий рівень енергоефективності</p> <p><b>A</b> &lt;44 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>B</b> &lt;79 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>C</b> &lt;87 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>D</b> &lt;109 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>E</b> &lt;131 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>F</b> &lt;153 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p><b>G</b> &gt;153 кВт×год/м<sup>2</sup></p> <p>Низький рівень енергоефективності</p>	<p><b>F</b></p>
<p>Питоме споживання енергії на опалення, гаряче водопостачання, охолодження будівлі, кВт × год/м<sup>2</sup></p>	<p><b>147,91</b></p>

Питоме споживання первинної енергії, кВт × год/м<sup>2</sup> за рік: **199,32**



Питомі викиди парникових газів, кг/м<sup>2</sup> за рік: **39,72**

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора: **-**

## I. Фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції ( $\text{м}^2 \times \text{К}$ )/Вт		Площа А, $\text{м}^2$
	існуюче приведенне значення	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	2,450	3,3	7525,21
Суміщені перекриття	-	6,0	-
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	2,330	4,95	629,00
Горищні перекриття неопалюваних горищ	-	4,95	-
Перекриття над проїздами та неопалюваними підвалами	0,502	3,75	640,63
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,672	0,75	2379,16
Зовнішні двері	0,321	0,6	120,50

Мінімальні вимоги 2016 р.

### Опис технічного стану огорожувальних конструкцій

#### Зовнішні стіни:

Конструкційні характеристики зовнішніх стін двох типів: залізобетонний каркас товщиною 300 мм та заповнення повнотілою керамічною цеглою (250 мм). Наявна зовнішня теплоізоляція з пінополістиролу, товщина утеплення 100 мм. Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін не відповідає мінімальним вимогам Державних будівельних норм ДБН В.2.6-31:2016 "Теплова ізоляція будівель".

#### Вікна:

Вікна та балконні двері металопластикові з двокамерним склопакетом 4-12-4-8-4і. У конструкції даху наявні зенітні ліхтарі з ПВХ-профілю та однокамерним склопакетом 4-20-4і. Опір теплопередачі вікон не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016.

#### Зовнішні двері:

Зовнішні двері світлопрозорі, з ПВХ-профілю та двокамерним склопакетом 4-12-4-8-4і. Зовнішні двері переходів сходової клітини дерев'яні з світлопрозорою вставкою із одного шару армованого скла. Опір теплопередачі дверей не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016.

#### Дах:

У будівлі наявний суттєвий технічний поверх. Конструкція покриття даху - залізобетонні плити, ділянки утеплення піносклом 80 мм, ділянки мінеральної вати 100 мм. Опір теплопередачі покриття даху не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016.

#### Підвал:

Підвал неопалюваний, конструкція перекриття над підвалом - залізобетонні плити, цементно-перлітовий розчин. Опір теплопередачі перекриття підвалу не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016.

## II. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника	Існуюче значення кВт×год/м <sup>2</sup> (кВт×год/м <sup>3</sup> ) за рік	Мінімальні вимоги кВт×год/м <sup>2</sup> (кВт×год/м <sup>3</sup> ) за рік
Питома енергопотреба на опалення, охолодження, гаряче водопостачання	89,96	70
Питома енергоспоживання при опаленні	79,29	-
Питома енергоспоживання при охолодженні	1,18	-
Питома енергоспоживання при гарячому водопостачанні	67,44	-
Питома енергоспоживання системи вентиляції	0,00	-
Питома енергоспоживання при освітленні	2,55	-
Питома споживання первинної енергії, кВт×год/м <sup>2</sup> за рік	199,32	-
Питомі викиди парникових газів, кг/м <sup>2</sup> за рік	39,72	-

Енергоспоживання будівлі

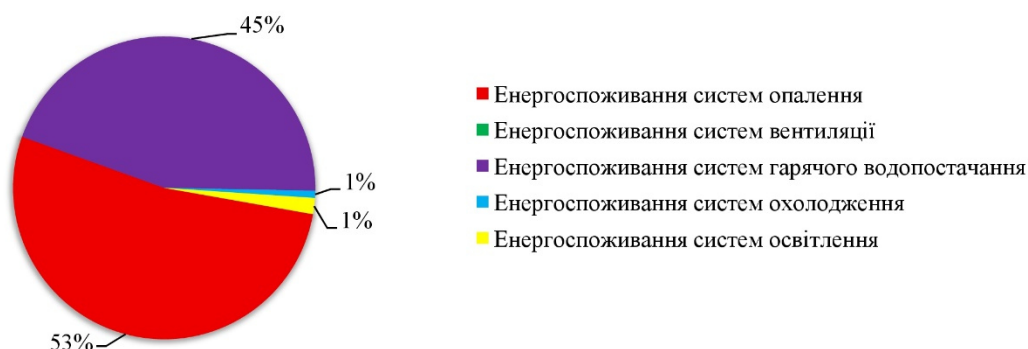
Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис. кВт×год	кВт×год/м <sup>2</sup> (кВт×год/м <sup>3</sup> )	тис. кВт×год	кВт×год/м <sup>2</sup> (кВт×год/м <sup>3</sup> )
Енергоспоживання систем опалення	893,10	58,78	1204,64	79,29
Енергоспоживання систем вентиляції	0,00	0,00	0,00	0,00
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	-	-	1024,70	67,44
Енергоспоживання систем охолодження	0,00	0,00	17,95	1,18
Енергоспоживання систем освітлення	-	-	38,68	2,55
<b>УСЬОГО:</b>	<b>893,10</b>	<b>58,78</b>	<b>2285,97</b>	<b>150,46</b>

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних

Фактичний обсяг енергоспоживання систем опалення за рік нижче, ніж розрахунковий обсяг оскільки середня температура зовнішнього повітря за останні роки вища ніж розрахункові значення, тривалість фактичного опалювального сезону менша.

Система охолодження відсутня (для цілей сертифікації було розраховано енергоспоживання на охолодження за універсальними показниками). Механічна система вентиляції відсутня.

Річне енергоспоживання будівлі, %





### III. Фактичні або проектні характеристики інженерних систем будівлі

<p><b>Система опалення</b></p> <p>Джерело теплової енергії для системи опалення - централізоване теплопостачання. Температурний графік теплопостачання - 150/70 °С.</p> <p><b>Характеристики підсистеми генерації/акумуляування:</b></p> <p>Схема підключення незалежна, встановлений модульний індивідуальний тепловий пункт з автоматичним погодозалежним регулюванням витрати теплоносія. Температурний графік системи опалення 90/70 °С.</p> <p>Теплове навантаження І зони: 0,425 Гкал/год, ІІ зони: 0,444 Гкал/год.</p> <p><b>Характеристики підсистеми розподілу:</b></p> <p>Горизонтальна двотрубна система з центральними вертикальними стояками, теплоносій - вода, на стояках наявні балансувальні вентилі HERZ Stromax-M. Магістральні ділянки трубопроводів в підвалі та вертикальні стояки виконані з труб сталевих електрозварних легких, та сталевих безшовних водогазопровідних. Горизонтальні ділянки у квартирах - поліетиленові труби РЕХ-с, у захисних гофрованих коробах.</p> <p><b>Характеристики підсистеми виділення:</b></p> <p>За проектом опалювальні прилади житлових приміщень - алюмінієві радіатори ASAL з термостатичними вентилями HERZ TS-90-V. В приміщеннях техповерху, сходових клітин встановлені сталеві панельні радіатори.</p>
<p><b>Системи охолодження, кондиціонування, вентиляції</b></p> <p>Загальна система охолодження будівлі відсутня.</p> <p>Система вентиляції будівлі природня витяжна. Видалення повітря здійснюється через витяжні канали в санвузлах та кухнях. Приплив свіжого повітря здійснюється при відкриванні вікон та за рахунок повітропроникності оболонки будівлі.</p>
<p><b>Система постачання гарячої води</b></p> <p>Джерело для системи гарячого водопостачання - централізоване теплопостачання. Система ГВП розділена на дві зони. Теплове навантаження І зони ГВП: 0,298 Гкал/год, ІІ зони ГВП: 0,297 Гкал/год. Розподіл теплоносія відбувається по сталевим теплоізованим трубопроводам. Температура подавання гарячої води 55 °С.</p>
<p><b>Система освітлення</b></p> <p>Система освітлення місць загального користування - світильники зі світлодіодними лампами Т8 потужністю 9 Вт.</p>

#### IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

##### Рекомендації з підвищення рівня енергетичної ефективності інженерних систем

###### 1. Встановлення термоголовок на радіаторні термостатичні клапани

На радіаторних термостатичних клапанах відсутні термоголовки, внаслідок чого відсутня можливість автоматичного регулювання споживання теплової енергії з підтриманням стабільної температури внутрішнього повітря.

Реалізація даного заходу дозволить здійснювати оптимальне підтримання заданої внутрішньої температури повітря в приміщенні, з автоматичною зміною витрати теплоносія.

###### 2. Встановлення автоматичних балансувальних клапанів у системі опалення

В системі опалення наявні ручні балансувальні клапани на стояках. В рамках даного заходу пропонується встановлення приладів автоматичного балансування на стояки системи опалення. Результатом роботи правильно збалансованої системи опалення є оптимальний перерозподіл теплоносія по всіх ділянках системи, оптимальна зміна та підтримання необхідної витрати теплоносія, з підтриманням постійного перепаду тиску в системі.

###### 3. Теплоізоляція ділянок трубопроводів опалення в неопалювальних приміщеннях

Для зменшення втрат теплової енергії при розподіленні теплоносія до стояків системи опалення пропонується виконати заміну пошкоджених ділянок теплоізоляції, нанесення покращеної трубної теплоізоляції за сучасними вимогами на розподільчі трубопроводи системи опалення в приміщеннях підпілля.

###### 4. Теплоізоляція ділянок трубопроводів ГВП в неопалювальних приміщеннях

Для підвищення ефективності системи гарячого водопостачання пропонується розглянути можливість заміни пошкоджених ділянок теплоізоляції, нанесення покращеної трубної теплоізоляції на розподільчі трубопроводи системи гарячого водопостачання в приміщеннях підвалу. Це дозволить зменшити втрати теплової енергії при розподіленні гарячої води до циркуляційних стояків системи.

###### 5. Модернізація системи вентиляції зі встановленням рекуператорів

Так як механічна система вентиляції у будівлі відсутня, а вікна заклені сучасними герметичними склопакетами, достатній рівень повітрообміну квартир можливий тільки шляхом відкривання вікон, що призводить до надмірних тепловтрат. Пропонується встановлення індивідуальних систем вентиляції, у яких передбачена рекуперація теплоти вихідного повітря.



### Рекомендації з термомодернізації огорожувальних конструкцій будівлі

#### 6. Заміна зовнішніх дверей МЗК

Опір теплопередачі дверей переходів на сходові клітини не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2016. Пропонується встановлення сучасних металопластикових дверей, з приведеним опором теплопередачі  $> 0,6 \text{ м}^2\text{K/Вт}$ , для зменшення втрат теплової енергії через даний елемент конструкції, усунення нещільностей, та дотримання мінімальних вимог.

#### 7. Теплоізоляція перекриття підвалу

Опір теплопередачі перекриття підвалу не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2016. Пропонується до впровадження улаштування шару теплоізоляції перекриття над підвалом, для зменшення втрат теплової енергії з опалюваних приміщень у зону неопалюваного підпілля, з доведенням опору теплопередачі конструкції до рівня мінімальних вимог.

#### 8. Теплоізоляція покриття даху

Опір теплопередачі покриття даху не відповідає нормативним вимогам ДБН В.2.6-31:2016. Пропонується до впровадження улаштування додаткового шару теплоізоляції покриття, для зменшення втрат теплової енергії з опалюваного техповерху, з доведенням опору теплопередачі конструкції покриття до рівня мінімальних вимог.

#### 9. Теплоізоляція зовнішніх стін

Опір теплопередачі зовнішніх стін не відповідає мінімальним вимогам ДБН В.2.6-31:2016. Пропонується до впровадження збільшення шару теплоізоляції зовнішніх стін, для зменшення втрат теплової енергії через даний елемент конструкції, та дотримання нормативних вимог.

#### 10. Комплексна заміна вікон

Вікна в будівлі не відповідають мінімальним вимогам. Пропонується розглянути можливість заміни наявних вікон на нові енергоефективні вікна, з шестикамерним ПВХ-профілем, теплоізолюваною дистанцією, двокамерними склопакетами з низькоемісійним напленням та заповненням інертними газами.